LO
SVILUPPO DI UN PIANETA

DI

EDWIN SHARPE GREW, M. A.

TRADOTTO DA

EDOARDO DI SAMBUY





TORINO
FRATELLI BOCCA, EDITORI

1914

Tip. G. Capella - Ciriè

DICHIARAZIONE DEL TRADUTTORE

QUALUNQUE individuo che desideri far buon uso di una cosa o di un organismo, deve anzitutto conoscere bene quell'oggetto di cui si deve servire, oppure al quale egli deve adattare ed informare l'esistenza sua.

Che diremmo noi d'un tale, a cui toccasse in sorte la comproprietà di una casa coll'obbligo di dimorarvi sino alla fine dei giorni suoi, se egli, non appena ciò gli fosse concesso, non andasse a prendere contezza dei locali e delle condutture di energia, e dei canali per distribuire le acque o per smaltirle, nonchè della copertura, e delle fondamenta e persino delle eventuali lesioni o punti deboli dell'edifizio?

Se noi spingiamo la nostra ipotesi, non oltre ai limiti di ciò che è possibile, ma sino ad immaginare un caso alquanto inverosimile, possiamo pensare che a quel nostro messere tocchi in proprietà una parte, sia pure minima, di una grande, di una immensa nave, di una quelle città galleggianti destinate ad attraversare gli oceani, sempre peraltro collo stesso obbligo, a colui, di abitarvi e di collaborare al mantenimento ed al benessere di tutti.

Figuriamoci se costui, non appena orientatosi, ristarebbe dall'indagare non soltanto come sia fatta, e nei suoi più intimi particolari, quella nave, ma pure quando e da chi quella sia stata costrutta, e dove, ed a quale scopo e con quali materiali; ed ancora ricercherà egli

a quali rischi sia esposto il navigatore, e quale possa essere la durata della nave e la sua probabile sorte finale. E tutto ciò costui lo farebbe naturalmente, quando anche ad altri toccasse la cura del dirigere la nave e di provvedere alla sua salvezza.

Ciò sarebbe assai logico in un uomo: perchè, sebbene egli non abbia ad avere mai influenza veruna sull'avvenire della residenza sua, tuttavia egli non saprebbe mai comportarsi perfettamente a dovere, e con il massimo profitto suo e della comunità, ove egli fosse ignaro di tutte quelle circostanze, appunto colla coscienza di non poterne variare il funzionamento, il che gliele deve far accettare quali imprescindibili necessità.

L'uomo è nato curioso, e la sua curiosità sarebbe il movente d'ogni scienza. Ma l'ignoranza pressochè universale e le stolide consuetudini sociali che furono da questa generate, hanno attutita in moltissimi la curiosità ed hanno loro inibito di appagarla.

Era in vigore un'usanza, la quale, per buona nostra ventura, va ora scomparendo; quella cioè di rispondere a tutti i perchè interrogativi, rivolti dai bimbi alle persone adulte, con delle favole oppure delle leggende, che tanto adombravano il vero da alterarlo poi completamente.

Oggidì però, ciò non sarebbe più oltre possibile. Oggidì i bimbi nascono di già evoluti e non s'accontentano più delle frottole che hanno beato l'ingenua infanzia degli avi nostri. Nelle primissime età vi è un progresso reale. Ma più tardi il progresso diviene troppo frettoloso; almeno così avviene in Italia.

Per fare più presto si tende a sopprimere la base scientifica, anche solo elementare, della coltura generale, e si tende a venir subito alle pratiche applicazioni.

È semplicemente un pretendere uno sviluppo meraviglioso da una pianta, cioè una fioritura od una

fruttificazione abbondanti, senza curarsi di un adeguato sviluppo delle radici.

I giardinieri compiono simili miracoli ; ma essi allora non si curano della buona riuscita di quella pianta se non che per quella data esposizione, in cui sperano ottenere un diploma d'onore.

Non così si provvede all'avvenire delle genti, specialmente allorquando, per un vecchio e deplorevole andazzo, l'indifferenza per quanto concerne le cose della natura regna sovrana in un popolo.

Io ritengo all'opposto che sia un sacro dovere dell'uomo il conoscere, ad es., la storia della Terra, sulla quale egli s'atteggia a dominatore. Per questo motivo nel tradurre il presente volume ho aggiunto alcune notizie recentissime, su quanto si riferisce alla storia dell'uomo in correlazione con quella geologica, o del globo ; poichè indissolubilmente e strettamente collegate sono le sorti di entrambi, altro non essendo il primo che un prodotto dell'evoluzione sull'ultimo.

Non è facile impresa il tradurre un'opera come questa ; e sarebbe stato per me assai più agevole il darle una veste prettamente italiana, ove non avessi avuto vincoli di sorta. Ma lo scopo di questo lavoro essendo essenzialmente quello di portare un contributo alla comune coltura scientifica nostrana, col far conoscere quanto per quella Inglese si faccia in questo campo, ho creduto mio dovere di traduttore il rendere, nel modo il più conforme al testo Inglese, il pensiero dell'autore ancorchè talvolta con danno palese della proprietà e della purità del nostro idioma.

Per le Appendici ho ricorso a fonti Inglesi, non solamente perchè risulta così una maggior corrispondenza tra le Appendici ed il testo, ma perchè è assai più utile al lettore di questo libro il trovare in esso delle notizie, che difficilmente egli leggerebbe nelle pubblicazioni originali ; mentre, se a tali argomenti

egli porta interesse, potrà facilmente trovare quanto si riferisce alle scoperte fatte in Italia nelle numerose ed importanti pubblicazioni paesane.

Io devo ringraziare, e prima d'ogni altra persona quella cortese e saggia, moderna incarnazione di Minerva, alla quale dorrebbe l'essere qui nominata, bastando a Lei quest'omaggio di gratitudine, per avermi Essa proposto di fare la traduzione di questo libro, e per avermene ottenuto il permesso dall'Autore; al quale ultimo rivolgo pure il mio riconoscente pensiero.

Per grande cortesia del dotto Prof. Giuseppe Sergi mi fu dato di esaminare nel Museo Antropologico di Roma i calchi di tutte le più antiche reliquie dell'uomo, recentemente scoperte. A Lui vado debitore di molti fra gli schiarimenti che ho cercato di esporre ai lettori.

Sarebbe poi volgare sconoscenza la mia, ove non ricordassi qui il nome del dott. comm. Alessandro Portis, Prof. di Geologia e di Paleontologia nella R.[ia] Università di Roma, che io ringrazio per avermi egli porto quel fraterno ajuto, che mi era grandemente necessario per la mia deficienza di cognizioni scientifiche speciali.

Peraltro io sono lungi dall'addossare a Lui qualsiasi responsabilità; poichè potrebbe pure essermi sfuggito un qualche errore. Io sono convinto che altri avrebbe potuto compiere questo lavoro assai meglio di me; ed altro merito io non rivendico all'infuori di quello d'aver fatto ogni mio sforzo per la buona riuscita dell'opera. Se è vero che qualunque sforzo, diretto a buon fine, meriti guiderdone, altro io non ne ambisco fuorchè quello di avere numerosi i lettori, acciocchè questo libro riesca di qualche utilità nel mio paese.

Torino, Luglio 1913 EDOARDO DI SAMBUY.

PREFAZIONE

In questo volume vien fatto un tentativo di presentare sommariamente e di coordinare le teorie moderne che cercano di spiegare l'origine, la formazione e lo sviluppo delle singole unità del sistema solare. Il maggior numero di queste teorie, astronomica, fisica, geologica e biologica, è stato acquistato alla scienza quale legato del diciannovesimo secolo; ma quasi non ve n'ha una fra di esse, su cui le idee e le scoperte di questi ultimi vent'anni non abbiano gettato luce; e ve n'ha pur qualcuna che appartiene esclusivamente al ventesimo secolo.

Il piano dell'opera seguito dall'autore è stato quello di trattare il Sole ed i vicini della Terra tra i pianeti dal punto di vista della teoria astronomica e fisica: e dopo di ciò, di seguire il corso dello sviluppo geologico e biologico sopra il solo pianeta, la Terra, di cui vi esiste qualche intima conoscenza.

In un soggetto così ampio il trattamento deve spesso essere di un carattere estremamente sommario: e l'autore ha tenuto di mira lo scopo di interpretare chiaramente ed accuratamente le teorie che gli è toccato di svolgere, piuttosto chè quello di farne la critica.

L'accuratezza sarebbe stata di per sè stessa difficile da raggiungere, salvochè coll'aiuto che egli ha ricevuto dalla critica e dai suggerimenti di persone autorevoli circa i soggetti trattati.

Egli desidera quindi di testimoniare, colla più sincera gratitudine, l'aiuto a lui dato da Mr. E. Walter Maunder, F.R.A.S., del Reale Osservatorio di Greenwich; dal professore W. Watson, Dott. in Scienze, F.R.S., del Collegio Imperiale di Scienza; dal Professore F. W. Oliver, Dott. in Scienze, F.R.S., del Collegio dell'Universitá; dal Sig. W. P. Pycraft, del Museo di Storia Naturale; e dal Sig. Athol Joyce, del British Museum. Egli deve pure ricordare con animo grato il permesso a lui dato di riprodurre fotografie e diagrammi dal Dott. R. S. Lull, dell'Università di Yale, che gli ha inviato una fotografia della di lui ricostituzione dell'uomo primitivo; dal Prof. John Milne, F.R.S., di Shide; dal Professore W. H. Pickering di Harvard; dal Dottor Tempest Anderson.

30 CHEYNE ROW,
CHELSEA, S. W.

INDICE

ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI

LO SVILUPPO DI UN PIANETA

CAPITOLO I.

La formazione di sistemi solari.

Attrazione mutua di corpi celesti in vicinanza l'un dell'altro - Nebulose e loro classificazione - Ipotesi di Laplace circa le nebulose - Evoluzione di elementi - Obbiezioni all'ipotesi di Laplace - Nebulose a spirale - Limite di Roche - Avvicinamento di sistemi solari - La formazione di una spirale - Ipotesi di Chamberlin e di Moulton - Modificazioni della teoria di Laplace - Corsi di stelle.

Tra i fatti usuali quotidianamente osservati non ve n' ha alcuno di utilità maggiore nell' illustrare le cause che precedono la nascita dei mondi, di quanto lo sia il fenomeno delle maree. Le maree forniscono una illustrazione incessante dell'effetto di quell'attrazione mutua che tutti i corpi hanno l' uno per l'altro, la quale vien detta la legge di gravità. Le acque sono rialzate davanti agli occhi nostri in risposta all' attrazione esercitata su di esse dal più prossimo tra i vicini della Terra, la Luna, o dal più grande, il Sole. Esse ritornano indietro nuovamente in ossequio all'operazione dell' influenza accoppiata dell'attrazione della Terra e della loro propria inerzia. Per il momento, l'effetto della legge d' inerzia, per la qual legge ciascun corpo persevera nel suo stato di riposo o di moto, può essere trascurato acciocchè l' attenzione possa essere concentrata sul quadro delle acque mobili della Terra innalzate dalla loro sfera verso il corpo celeste che le attrae.

Se noi potessimo raffigurarci alla mente la Terra come un corpo intieramente liquido, allora l'aspetto

ne diverrebbe quello di una massa sferica convertita in altra che abbia forma di un uovo, coll'asse più lungo dell'uovo diretto verso l'origine dell'attrazione.

Nebulose e loro classificazione.

Prima di applicare queste considerazioni all'avvicinamento di stelle, l'una coll'altra, si manifesta la necessità di scrutare i cieli per vedere quale informazione essi abbiano a fornirci circa la formazione di mondi progredienti. Non è possibile entro i limiti dell'osservazione umana di aver giammai veduto un qualche fenomeno stellare che possa essere identificato positivamente come uno stadio nella formazione di un sistema solare. Ma tra i cento milioni di oggetti brillanti visibili nell'universo, egli è probabile che tutti gli stadi preliminari siano rappresentati, ed egli è possibile che in qualcuno dei fenomeni dei quali siamo stati periodicamente testimoni tra quelli, la reale nascita di un sistema solare, che sta eventualmente per essere risolto in un sole ed in pianeti, possa essere stata compresa. Nel cielo vi sono 500,000 nebulose visibili. Queste apparizioni brillanti, in molti casi di un'estensione infinitamente grande, sono tenute in conto, in assenza di qualche ipotesi migliore, di materia prima dei mondi.

Esse sono di due sorta. Quando la luce proveniente da un qualche oggetto luminoso — come un attizzatoio portato al calor rosso, una fiamma di candela, la combustione del magnesio, il sole, una stella, una nebulosa — è fatta passare attraverso ad un prisma, la luce viene suddivisa e dispersa longitudinalmente.

Se la sorgente di luce è un solido incandescente, come il sole, la luce venendo attraverso al prisma è dispersa in una striscia continua di arcobaleno. Essa forma uno *spettro continuo*. Tuttavia se la sorgente di luce è semplicemente un gaz brillante, allora la striscia d'arcobaleno sullo schermo è accresciuta da

un'altra apparizione. Essa è quella di un certo numero di linee brillanti, le quali per le posizioni che esse occupano danno una informazione sicura circa alla natura ed ai costituenti del gaz. Questo spettro di linee brillanti è detto spettro discontinuo.

Parecchie tra le nebulose del cielo, e qualcuna di quelle maggiori di tutte, danno all'osservazione nul-l'altro che questi spettri di linee brillanti. Le posizioni di queste linee brillanti significano apparentemente che i gaz incandescenti che le producono sono idrogeno, elio, ed un elemento sconosciuto sulla terra, e denominato, per una ragione evidentissima, nebulio. Queste nebulose sono immense, ma senza forma; e, salvochè per i due elementi che noi abbiamo detto, appaiono avere poco di comune cogli elementi del nostro sistema solare. Sono questi i germi non fertilizzati di sistemi ancora non nati? Egli è caratteristico del decadere di teorie, come le cognizioni progrediscono, che può esser data a quella quistione una risposta meno recisa di quella che sarebbe stata emessa senza esitazione da una generazione antecedente a questa, ossia mezzo secolo fa. La nebulosa immensa e senza forma aveva un posto distinto nella teoria nota ad ognuno come l'ipotesi nebulare di Laplace.

Laplace ha fatto risalire l'origine del sistema solare alla nebula o nuvola di gaz rarefatti aggregati attorno ad una condensazione che doveva poi in definitiva formare il Sole. La difficoltà preliminare che i costituenti gazosi di tali nebulose primarie, quali son note alla nostra osservazione, sono in numero molto minore di quanto siano i costituenti riconosciuti del sistema solare, può essere sormontata collo stabilire come postulato un processo di evoluzione tra gli elementi stessi. Gli elementi sono stati raggruppati dai chimici in certi ordini simili ai piuoli d'una scala. Quindi un gruppo di elementi può avere le stesse qualità generali, una certa

rassomiglianza di famiglia; e possono differire l'uno dall'altro principalmente pel loro peso atomico. Così dall'idrogeno noi abbiamo il gruppo discendente, cloro, bromo, iodio. La serie dell'ossigeno è così raggruppata: Ossigeno (peso atomico 16), Cromo (peso atomico 52), sotto quello il Molibdeno (peso atomico 96), col Tungsteno (peso atomico 184), e l'Uranio (peso atomico 238) al posto inferiore della scala.

È stato supposto che noi possiamo immaginare un certo ciclo di circostanze nelle quali una sorta di elemento è formata; e che, progredendo l'evoluzione e le circostanze diventando mutate, un'altra sorta di elemento divien possibile ed eventualmente sopravvive e diventa stabile. Allora sebbene in qualche nebulosa noi possiamo ora percepire soltanto idrogeno, elio e nebulio, egli è possibile che in questi costituenti stiano racchiuse le potenzialità di altri elementi.

Gli atomi, dei quali è composta la materia, stanno continuamente irradiando energia e per tal guisa perdendola; e quindi deve pur venire il momento in cui gli atomi di un elemento devono finire, come pur farebbe un orologio. Quando questo tempo viene, l'atomo di un elemento forse si trasmuterà in un atomo di un altro elemento il quale abbisogna di energia minore di quella richiesta nel primo di lui stato. Sir J. J. Thomson ha detto che un atomo costrutto sul modello teoretico potrebbe esser fatto durare un milione di anni, ma esso non sarebbe eterno.

Vi è fondato motivo di ritenere che nel radio ed in altri elementi che posseggono atomi molto complessi, noi osserviamo realmente la disintegrazione e la spontanea ricostituzione, che costituiscono una trasmutazione degli elementi. Quindi non è questa un'obbiezione bastevole da opporre alla teoria di Laplace che le nebulose del cielo non ci esibiscono molti fra gli elementi noti come esistenti nel sistema solare.

Per ritornare, ciò non ostante, alle nebulose ipotetiche di Laplace.

L'intiero complesso ne andava rotando lentamente attorno ad un asse attraversante il suo centro, e, sotto le influenze combinate di rotazione e di attrazione mutua delle particelle del gaz, esso ha assunto una forma globulare leggermente schiacciata ai poli. La nebulosa deve essersi raffreddata gradualmente per l'irradiazione del suo calore nello spazio, e per tal modo questo fece sì che il gaz necessariamente dovesse aver perduto alquanto del suo slancio o della sua elasticità, permettendo quindi un grado maggiore di condensazione. Ma come avvenne questa contrazione tosto ne seguirono due risultati. Dapprima la condensazione centrale divenne più calda; e, secondariamente, la velocità di rotazione divenne più rapida. La rotazione accelerata condusse ad un aumento nella grandezza di schiacciamento polare, e, nel corso di milioni di anni la nebulosa, diventando sempre di più in più schiacciata, assunse la forma di una lente biconvessa o quella di un disco più spesso nel mezzo che verso l'orlo.

Le difficoltà si moltiplicano, tuttavia, se, tenendo dietro alla carriera di una nebulosa gazosa rotante, vien fatto un tentativo per metterla d'accordo colle forme e coi moti di un sistema solare. Laplace proseguì col supporre che le nebulose divenissero cotanto appiattite che esse non avrebbero potuto sussistere come una «lastra» di gaz (1) e che un anello di materia si sarebbe staccato dalla massa ed avrebbe girato attorno ad essa.

Egli è possibile che gli anelli del pianeta Saturno

(1) Non v'ha parola italiana che corrisponda precisamente al concetto di un corpo estremamente vasto e d'una sottigliezza estrema, pur essendo di tenuissima densità. Lastra e lamina sono propriamente corpi solidi. Strato sarebbe più conveniente, ma indica un'origine ben diversa.

(*Nota del traduttore*).

suggerissero tale idea a Laplace, il quale inoltre argomentò che la massa madre, con parte del suo indocile schiacciamento allora rimosso, avrebbe riassunto la forma più arrotondata che generalmente essa possedeva.

Il primo processo sarebbesi, tuttavia, ripetuto nel corso dei tempi, ed un altro anello equatoriale sarebbesi prodotto per espansione. In questa guisa la nebulosa primaria sarebbesi suddivisa in un certo numero di anelli circondanti la condensazione centrale. Ciascun anello gradualmente restringevasi in un qualche nucleo che accadeva esistere nel suo perimetro e allora formava una nebulosa subordinata aggirantesi attorno alla nebulosa madre, molto ridotta e concentrata.

La nebulosa madre gradatamente raffreddavasi sino all'incandescenza. Le nebulose figlie fecero similmente, creando per loro stesse, mediante una ripetizione del processo dell'anello, dei satelliti concomitanti. L'intiero procedimento, come osserva Sir G. H. Darwin (1) forma un quadro maestoso della storia del sistema solare.

La sua concezione è plausibile, ma esso tuttavia vien meno quando è sottoposto ad un esame particolareggiato: ed un solo esempio basterà ad illustrare questo. Se anche un anello di materia roteante concentrasi sotto l'influenza dell'attrazione mutua delle sue particelle, esso può soltanto comportarsi in tal modo attorno al centro di gravità dell'anello intiero. Evidentemente se l'anello è approssimativamente uniforme questo centro dev'essere in qualche luogo nella vicinanza della nebulosa madre. Per conseguenza il solo avvenire di una nebulosa anulare concomitante e concentrantesi sembrerebbe di essere quello di ricadere nella nebulosa primitiva, e di esserne riassorbita (2).

---

(1) Discorso presidenziale all'Associazione Britannica nel Sud Africa (1905).

(2) Ulteriori obbiezioni matematiche a questa teoria sono state

Senza continuare ulteriormente in queste critiche dei particolari, noi possiamo forse dire che l'azione di qualche forza esterna, differente da quella dell'attrazione mutua delle particelle della nebulosa, dev'essere immaginata per spiegare l'origine della sua formazione di sviluppo in un sistema. L'origine della massa nebulosa, dalla quale il sistema solare fu supposto esser stato svolto, non fu presa in considerazione da Laplace. Egli suppose la sua esistenza e la sua rotazione; ed allora procedette a dimostrare, com'egli pensava, in qual modo il sole ed i pianeti potessero essere stati formati da quella nebulosa nel corso delle età.

Laplace, tuttavia, difettava di una parte delle cognizioni che sono possedute attualmente dai moderni astronomi e dai moderni ideatori di cosmogonie. Egli ignorava l'ubiquità delle nebulose a spirale.

La scoperta delle nebulose a spirali fu fatta originariamente da Lord Rosse; e sebbene già esistesse dapprima il dubbio circa l'esistenza di queste formazioni, la fotografia ha per tal modo pienamente confermato che tra centinaia di migliaia di nebulose (1) che sono state risolte dal riflettore di Crossley, all'osservatorio di Lick, la più grande porzione assume questa forma. Il prof. J. E. Keeler ha notato che « ogni piccola nebulosa compatta che non mostra evidente l'aspetto della struttura spirale appare essere eccezionale ». Il signor J. Wilczynski di Berlino ha dimostrato matematicamente che una forma a spirale suole essere assunta da una massa di gaz in moto rotatorio.

---

recentemente mosse dal signor F. R. Moulton, *Astrophysical Journal*, marzo 1900; e dal sig. J. N. Stockwell, *Astrophysical Journal*, marzo 1904.

(1) « Il riflettore di Crossley », da J. E. Keeler, nel *The Astrophysical Journal*, XI, pag. 325 (1900). Keeler ha trovato 120,000 nebulose prima della sua morte, avvenuta nel 1900. Il prof. Perrine ha dipoi supposto, qual numero approssimativo, quello di 500,000.

La nebulosa a spirale è quindi una realtà esistente. Essa probabilmente rappresenta un passo avanti nell'evoluzione di un sistema stellare, o di un sistema solare; e le ragioni per pensare così, sono non semplicemente perchè esso rappresenti l'emergere di una forma definita, ma perchè le nebulose a spirali dimostrano, mediante lo spettro, di avere una costituzione diversa da quelle nebulose che sono masse, ipoteticamente senza forma, di gaz elettrizzati. Lo spettro che esse presentano all'osservatore è continuo. Dal che noi deduciamo che la materia di cui esse sono composte esiste ad una temperatura relativamente bassa e ad uno stato liquido o solido.

Il fatto che tali nebulose sono enormemente estese, che esse apparentemente intercettano soltanto poca luce, e che esse sembrano avere soltanto un piccolo potere di attrazione, suggerisce l'idea che questa materia solida esista in una condizione minutissimamente suddivisa.

Il massimo riavvicinamento dei corpi celesti.

Prima di stabilire un'ipotesi che cerchi di spiegare la forma di queste nebulose a spirali e che faccia da quella uscire una spiegazione del modo col quale un sistema solare sorge da quelle, noi possiamo ritornare alla considerazione colla quale ha principio questo capitolo, cioè degli effetti delle attrazioni mutue dei corpi vicini od approssimantisi. Immaginiamo una piccola sfera liquida, le particelle della quale aderiscano soltanto per la loro propria attrazione mutua, o gravitazione, la qual sfera sia in moto attraverso allo spazio e passi vicino ad un gran corpo denso.

(Allo scopo di illustrare meglio noi supporremo che vi sia una grandissima differenza nella densità e nella massa delle due sfere). Tostochè la piccola e leggera sfera giunge ad una certa distanza da quella grande,

le particelle della prima diverranno sottoposte alla forte attrazione di quella sua vicina. Ma le particelle più prossime alla pesante vicina saranno attratte più fortemente che quelle più lontane, perchè l'attrazione di gravità è una forza che varia in intensità in ragione inversa del quadrato della distanza. Quindi sarà stabilito ciò che vien detto un'attrazione differenziale delle particelle della piccola sfera: e quest'attrazione differenziale in certe circostanze sarà potente abbastanza da lacerare in frammenti la piccola ed instabile sfera. La distanza alla quale questa forza dilaniatrice entra in azione è stata definita dal matematico francese Edoardo Roche di Montpellier ed è denominata Limite di Roche. Roche fece conoscere, nel 1848, che entro un limite di circa due volte e mezzo la lunghezza del raggio di un pianeta non potrebbe esistere un satellite stabile. Quindi nessun satellite potrebbe esistere entro 10,000 miglia dalla terra.

Questa legge è accettata come vera per lo stretto avvicinamento di ogni coppia di corpi di sufficiente massa e densità. Sembra verosimile che la gravitazione mutua così com'è descritta piuttosto dilanierebbe effettivamente dei corpi relativamente grandi anzichè quelli minori; per esempio, sarebbe più probabile il frantumarsi di corpi delle dimensioni della Terra o della Luna anzichè di altri pari ai piccoli asteroidi che vanno viaggiando nel sistema solare. La parte esteriore della nostra Terra (e senza dubbio quelle dei satelliti dei pianeti; e degli asteroidi; e generalmente pure dei pianeti freddi) è profondamente attraversata da fessure che la rendono poco più di un pavimento di blocchi disgiunti, tale che potrebbe essere tirata via con resistenza solamente piccola, oltre a quella di gravità.

In altre parole, se una forza d'attrazione, debolmente più forte di quella del loro proprio peso, fosse applicata all'intarsiato mosaico della crosta di un pianeta,

dei frammenti di essa sarebbero afferrati dall'attrazione (1).

Che cosa accadrebbe allora? La diminuzione di pressione al disotto della crosta del pianeta, causata dal sollevamento di grossi frammenti di quella; e la subitanea esposizione del calore interno ad una temperatura più bassa svilupperebbe nuovi sforzi e nuovi turbini. Avverrebbero ulteriori spaccature e fessure sulla crosta; ed in conseguenza vi sarebbero ulteriori rimozioni. Vi potrebbe essere per questa sola cagione un dirompimento sufficientemente grande da spezzare la solida corteccia in frammenti o persino da ridurre in polvere quei frammenti. Ove la Terra avesse da essere sottoposta ad una consimile prova, come quella ora descritta, egli è probabile che le forze interne di gravitazione essendo state subitamente rimosse, la sua elasticità interna farebbe saltare l'esterno in pezzi con tutta la violenza di un'esplosione.

Secondo le conseguenze matematiche del Limite di Roche, la distanza a cui la disgregazione di un pianeta, che vada approssimandosi ad uno più grande, avrebbe luogo, sarebbe da cinque a sette volte e mezza il raggio del corpo più grande. Noi quindi vediamo che i corpi solidi possono essere ridotti in frammenti senza venire realmente ad una collisione con altri corpi.

Che cosa succederebbe ai piccoli pianeti così spezzati?

Essi potrebbero costituire delle comete, fintantochè i frammenti rimanessero raggruppati insieme; e dopo di ciò, avessero i frammenti da andar dispersi, essi potrebbero costituire dei convogli di meteoriti. Ma un'esplosione del genere che noi abbiamo immaginato non avrebbe una portata a gran distanza.

---

(1) Per un'esposizione più completa di questa e delle seguenti teorie ci dovremmo richiamare alla memoria di T. C. Chamberlain nell'*Astrophysical Journal*, luglio 1901.

La materia di una Terra esplosa, o quella di un pianeta di età pressochè consimile, dopo un volo di forse un 600,000 miglia, sarebbe di nuovo riunita in un corpo planetario dalla sua stessa forte gravità. Una simile evenienza ipotetica ha suggerito al prof. Chamberlin la spiegazione che le nuove stelle temporanee, che tuffansi presto di nuovo nell'invisibilità, posson essere il risultato di esplosioni e di depositi di questa sorta.

Se, tuttavia, dei corpi maggiori, o dei maggiori sistemi di corpi, devono essere presi in considerazione, noi dobbiamo comporre delle altre ipotesi. Che cosa avverrebbe se due stelle venissero vicine l'una all'altra o se due sistemi solari si approssimassero entro una distanza efficace?

Due sistemi solari potrebbero forse accostarsi abbastanza in prossimità per influenzare ciascuno i pianeti dell'altro sistema. Uno dei due potrebbe impadronirsi del pianeta il più esteriore dell'altro sistema. Tuttavia se Nettuno appartenente al nostro proprio sistema (oppure il pianeta che i professori Pickering e Forbes hanno presunto esservi oltre a Nettuno), fosse per sparire, le orbite dei pianeti più interni sarebbero disturbate. Persino se l'avvicinamento fosse meno prossimo di quello anzidetto, e solamente tendesse dapprima ad allungare l'orbita del pianeta più esteriore coll'attirarlo più lontano dal sole, vi sarebbero ancora delle perturbazioni nelle orbiti di Urano, Saturno, Giove e di tutti gli altri vicini del circolo familiare.

Ma se l'approssimarsi dei sistemi solari giunge a non lasciare più di 500,000,000 di miglia tra i loro centri, la perturbazione delle orbite planetarie sarebbe di una sorta maggiormente pronunciata. Essa potrebbe condurre, e probabilmente condurrebbe, alla caduta di un qualche pianeta perturbato sovra uno dei soli interni. Allora ne seguirebbe un opprimente subitaneo sviluppo di calore.

Egli è possibile che i telescopi degli astronomi siano stati di già testimoni di qualche simile contingenza, nei casi in cui una stella, che brillava con luce fosca, ha divampato in una subitanea più elevata luminosità, e lo splendore è apparso espandersi all'infuori da ciascun lato dal centro incandescente.

Lo spezzarsi di un sole.

Vi rimane un ultimo caso degno di considerazione: la ruina d'un sole. — Noi abbiamo detto della interna elasticità di un corpo — quella forza che cerca di espandersi scoppiando verso l'esterno dal centro di un sole, e di cui l'evidenza può essere scorta nelle grandi vampate di gaz incandescenti che erompono dalla periferia del sole. Essa è controbilanciata dalla gravitazione propria delle particelle del sole, che le attira indietro verso il centro di esso. Ma se per qualche mezzo questa forza contrastante è perturbata, per esempio, mediante l'attrazione di un qualche corpo approssimantesi, allora una tale interna elasticità può aiutare alla distruzione del sole prima che il corpo che si avvicina sia giunto entro la distanza limite prescritta da Roche. Quindi (per far ritorno al nostro primo quadro delle acque della Terra, che vengono sollevate verso la Luna che le attira) quando un corpo gazoso, od un liquido-gazoso, oppure ancora un corpo simile al Sole, cioè composto di gaz, di parti liquide, e di parti solide, comincia ad avvicinarsi alla sfera di attrazione di un altro corpo grande, una sorta di ***elongazione di marea*** si produce. L'involucro liquido-gazoso è tratto su lungo una linea che congiunge i centri dei due corpi. Per semplicità noi considereremo dapprima l'esempio quando un sole gazoso A entra nella sfera di attrazione di un gran corpo solido B.

Quando essi si accostano bastantemente vicini, la gravitazione propria delle particelle di A sarà neutra-

lizzata lungo una linea che congiunge i centri di A e di B: e come una marea l'involucro liquido-gazoso di A comincia ad allungarsi all'infuori verso B.

Sempre più approssimandosi l'uno all'altro i due corpi, l'elongazione va pervenendo ad una misura che, se un osservatore vi fosse per esserne testimonio, sembrerebbe dare l'aspetto di un'esplosione. La rapidità dell'elongazione sarebbe realmente con molta approssimazione altrettanto grande quanto la rapidità di un'esplosione.

Accadrebbe anche qualche cosa di più di questo.

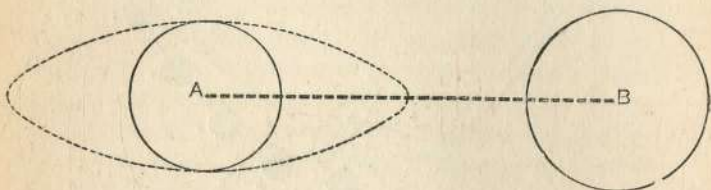


Fig. 1.

L'osservatore immaginario vedrebbe queste due grandi braccia fiammeggianti scagliate all'infuori dalla massa liquefatta della madre loro, ma tostochè i soli verrebbero ad accostarsi l'uno all'altro le braccia fiammeggianti comincierebbero ad inanellarsi. Ciò avverrebbe perchè il loro sole andrebbe cominciando a roteare. I getti di fuoco che sono proiettati torno torno da una ruota di fuochi d'artifizio in movimento, darà un'idea del come questo succede.

Riassumiamo gli stadi della storia di questo tipico sole A, via via che esso s'approssima a B.

Vi è primieramente una rapida elongazione della di lui forma.

Avviene di poi un'elongazione cotanto rapida da essere quasi esplosiva.

Quest'elongazione continua ed è combinata con altro moto, che è quello di rotazione verso il gran corpo

solido. Questo moto secondario sarà meglio afferrato nel diagramma dei percorsi dei due corpi che s'intersecano.

Si vedrà che, a cagione delle alterazioni nella direzione della linea di attrazione tra A e B nelle loro posizioni successive A_1 A_2 A_3 A_4 e B_1 B_2 B_3 B_4, un impulso rotatorio sarà impartito ad A. Esso girerà verso B. Il lancio esplosivo di grandi braccia di materia da A,

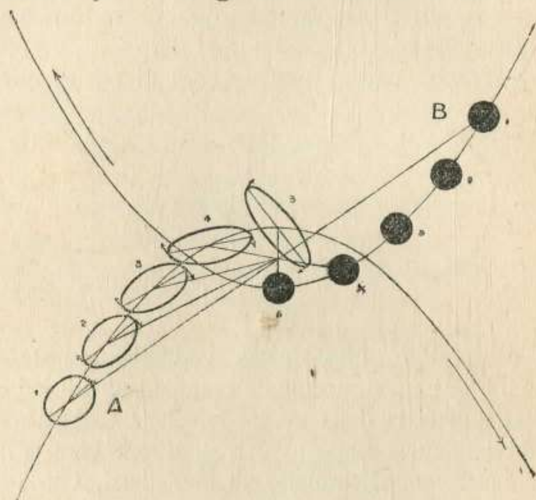


Fig. 2.

combinato colla rotazione che nello stesso tempo è impartita ad A darà origine ad una forma a spirale.

Vi sarebbe un certo breve periodo, in cui la proiezione esplosiva della materia del sole raggiungerebbe il suo punto culminante. Una corrente di materiale prorompendo fuori in volume molto più grande e ad una velocità molto maggiore di prima, o di poi, sarebbe proiettata in due grandi braccia di materia, protuberanti dall'uno e dall'altro lato del sole e vi dovrebbero essere allora, per riepilogare, le due braccia principali della spirale risultante, partenti da punti opposti

della massa centrale e sporgentisi all'infuori verso i limiti della spirale. Essi dovrebbero trasportarsi in una direzione comune a cagione della rotazione della massa.

Per maggior facilità di illustrazione noi abbiamo supposto che quest'azione abbia avuto luogo quando un corpo pesante oscuro, visitatore, fosse di passaggio vicino ad un sole. Ma la teoria, colle necessarie modificazioni, è ugualmente applicabile ad un esempio in cui due soli, in un modo consimile, si visitassero l'un l'altro. Questo è possibilmente un esempio più reale, ossia uno più tipico. Nel risultato vi potrebbe essere una dispersione mutua senza seria collisione. Senza contatti cataclismici le due spirali risultanti si separerebbero e proseguirebbero i percorsi indicati dalle stelle loro progenitrici.

Non è difficile il vedere come, tostochè il nostro sole antenato col suo sole visitatore s'aggirassero intorno l' uno all'altro nel loro fugace avvicinamento, i secondari bracci si sarebbero formati; come lo scoppio sarebbe stato irregolare e pulsatorio, colla formazione di condensazioni nei bracci; e come vi sarebbe uno sparpagliamento di grande entità di materia eruttata sotto forma di circondante nebbia.

A cagione dei giochi contrastantisi delle forze generanti, le piccole masse nei bracci avrebbero in loro stesse rotazione e movimento. Esse sarebbero dei vortici ed avrebbero dei vortici subordinati. Finalmente, questa materia largamente distribuita cadrebbe o tosto o tardi per gravitazione nei centri dei suoi vortici, e si congelerebbe in masse e particelle solide; ed una nebulosa a spirale con tali costituenti produrrebbe all'osservazione uno spettro continuo.

Quest'ipotesi estremamente suggestiva, e ragionevole, architettata da Chamberlin e Moulton, può essere applicata per spiegare la massima parte delle grandi nebulose a spirale, che hanno fornito risultati evidenti

delle forme loro colla fotografia celeste. In qualche caso è segnalata un'estensione di possibilità di collisioni. Per esempio la forma di qualche nebulosa sembra richiedere l'ipotesi che vi fosse una parziale collisione tra due stelle. Il calore sviluppantesi dal cozzo, o da ciò che in meccanica è detto « *momento d'arresto* », preso insieme con la mutua attrazione delle due stelle, impartirebbe un movimento rotatorio del più alto ordine ai due sistemi. In alcuni esempi le conseguenze potrebbero essere la fusione delle due stelle in una nebulosa gigantesca. O se vi fosse un arresto parziale del moto d'avanzata di una o dell'altra stella, allora certe parti di ciascuna di esse potrebbero sfuggire dalla spirale principale. Una simile catastrofe è possibile vederla nella nebulosa nei *Canes venatici* (Cani da caccia).

Vi sono altri esempi, ed altre deviazioni dal tipo regolare, il meccanismo dei quali casi s'ingegna la teoria di spiegare; ma presentemente la cosmogonia così architettata si può applicare come una spiegazione alle nebulose spirali, nel loro complesso, ed è una delle più utili dacchè ci fornisce una spiegazione plausibile delle circostanze in cui il sistema dei pianeti che circondano il Sole ha avuto origine.

. . . .

Tal'è la teoria che, se vien concessa la probabilità dell'avvicinarsi molto prossimo dei due soli, ci offre un'informazione soddisfacente di una nascita di un sistema tal quale noi conosciamo essere quella del Sole e dei pianeti suoi. Egli è, tuttavia, necessario di aggiungere che, dappoichè la teoria non è guari più antica che lo stesso ventesimo secolo, essa non è stata sottoposta a quell'inquirente sorta di critica che per più di un secolo è stata diretta all'ipotesi nebulare di Laplace (1).

(1) Laplace annunziò la sua ipotesi nell'anno 1786 come una nota al di lui *Système du monde*. Il sig. W. W. Bryant (*A history*



H. V. 44 Camelopardi



M. 81 Ursae Majoris



H. I. 56-57 Leonis



M. 100 Comae Berenices

Tipi di Nebulose a spirale.

Da Nebulose e Gruppi fatti col riflettore di Crosley da J. E. Keiller.

(Pubblicazioni dell'Osservatorio di Lick. Vol. VIII, 1908).

E neppure deve essere scordato che sono stati fatti dei tentativi per migliorare la teoria di Laplace, per modo di costrurre una cosmogonia che dovrebb'essere più adattabile ai fatti osservati. Per esempio, sono stati proposti due principali modificazioni del sistema di Laplace: 1°) la sostituzione di un sottile piano spirale per la di lui sfera nebulosa; 2°) l'introduzione dell'azione delle maree per spiegare molti dei particolari. Se noi sostituiamo un sottile piano spirale per la sfera nebulosa, noi ad ogni modo avremo l'appoggio delle osservazioni, perchè molte simili spirali esistono nei cieli; e noi non abbiamo bisogno di presumere una cotale estrema tenuità per la nostra nebulosa primitiva, come ebbe da fare Laplace.

La variante di Sir Robert Ball a questa ipotesi della spirale (1), viene emessa collo stabilire la proposizione che una sfera di particelle moventisi abbia una tendenza ad espandersi all'ingiro a mo' di un disco. Egli deduce questo dal fatto che in ogni sistema di forze moventisi, la somma totale dei risultati delle azioni reciproche delle forze (ossia ciò che vien detto « il momento delle quantità di moto ») rimarrà sempre lo stesso; ma che l'« energia » del sistema diminuisce con ciascuna collisione delle sue particelle. Le particelle dopo la collisione tenderebbero ad accumularsi verso il centro, e tutto il sistema tende a quella forma che combina il minimo di energia colla preservazione del suo momento d'origine (oppure diremo noi: « forza vitale »?). Questa forma può essere dimostrata consistere in un disco piatto vastamente esteso all'ingiro.

Il mucchio di particelle verso la parte centrale del disco obbligherebbe questa parte a girare più rapida-

of Astronomy, pag. 60), dice che Laplace propendeva a considerare la teoria quale moltospeculativa.

(1) *The Earth's Beginnings*, pag. 243-7.

mente che la parte esterna. Una struttura a spirale sarebbe il risultato di questi movimenti differenziati.

Per qualche processo, di cui non possiamo ricercare i particolari, dei nodi o dei nuclei apparvero sulle braccia attorcigliate delle spirali, e codesti nodi formarono gli embrioni dei pianeti.

Ammasso stellare e collisioni di stelle.

Il punto debole della cosmogonia di Moulton delle formazioni a spirali si è che un gran numero di collisioni o di interferenze deve essere presupposto. Il numero di tali urti od avvicinamenti deve ammontare a qualche centinaia di migliaia, se noi vogliamo prendere le formazioni di spirali come evidente conseguenza di quegli urti. Tal numero non è forse molto grande sui 50,000,000 di stelle che sono visibili sulle lastre fotografiche del Catalogo delle stelle del ventesimo secolo; e la proporzione dei numeri delle nebulose a spirale a quelli di tutti i corpi nell' universo diminuisce ancor di più se è fatta la supposizione che la maggioranza delle stelle brillanti sia accompagnata da sfere oscure o satelliti che non possano esser veduti. Persino così, tuttavia, il numero delle collisioni appare grande. Nel considerare il sistema solare noi pensiamo che le orbite dei pianeti abbiano assunto una condizione di stabilità pella quale essi verosimilmente non abbiano da intersecarsi l' una coll' altra. Le orbiti dei sistemi stellari dell' universo stellare sembrerebbero essere meno stabilmente fissate se noi abbiamo da credere che per anche una su diecimila delle sue unità dimostra l'evidenza dell' aver errato nella sfera d'attrazione di qualche altra unità.

Noi non possiamo d'altra parte presumere che l'universo visibile sia un sistema che sia pervenuto o che vada approssimandosi, allo stato d'equilibrio. Noi non sappiamo nulla circa al suo meccanismo; nulla circa

ai suoi limiti; e pressochè nulla circa ai suoi piani. Vi è motivo di credere, tuttavia, che non un universo debba esservi, affatto unico; ma bensì che esso sia multiplo; che non vi sia un solo sistema di stelle, ma almeno due.

Questa congettura fu dapprima emessa dal professore J. C. Kapteyn di Gröningen al Congresso di Arti e Scienze nel 1904 a St. Louis (1); essa è stata susseguentemente confermata dal sig. A. S. Eddington, dell'Osservatorio Reale di Greenwich (2), e dal signor H. C. Plummer dell'Università di Oxford. Le loro conclusioni furono dedotte da uno studio del Catalogo delle stelle fatto da Bradley e Groombridge (3) e dal segnare i movimenti delle stelle dopo le date alle quali furono compilati quei cataloghi.

Noi dobbiamo ad un articolo del prof. H. H. Turner nella ***Fortnightly Review*** di aprile 1907 un'illustrazione la meglio spiegativa del modo col quale furono raggiunte queste conclusioni.

Consideriamo, egli dice, il caso comune di un uomo che va camminando lungo una strada nella speranza di essere raggiunto da un omnibus. Egli incontra sempre un numero dei desiderati veicoli che è irritantemente grande in paragone del numero di quelli che lo raggiungono. Ciò non è sorprendente, perchè gli omnibus hanno un'andatura di circa sei miglia all'ora (quasi 10 km.) in media, ed egli percorre quattro miglia in un'ora (km. 6 1|2) e pertanto egli deve incontrare cinque omnibus che gli vengono incontro mentre uno solo arriva ad oltrepassarlo. (Il rapporto può essere ottenuto matematicamente coll'addizionare le due anda-

(1) *Congress of Arts and Sciences, St. Louis.* Vol. IV, p. 419.

(2) A. S. Eddington (*Royal Ast. Society Monthly Notices*, vol. LXVII, p. 34. Houghton Mifflin, 1906). H. C. Plummer (*Royal Ast. Society Monthly Notices*, Vol. LXV, pag. 566-9).

(3) Bradley (Kapteyn) 1750; Groombridge (Eddington) 1810.

ture in un caso; e sottraendo l'una dall'altra nell'altro caso; e prendendo la proporzione. Allora $6 + 4 = 10$; $6 - 4 = 2$; ∴ rapporto $10 : 2$ oppure $5 : 1$). Se il passante rallenta la sua andatura sino al bighellonare per due miglia all'ora, il rapporto cadrà a due omnibus incontrati per ognuno che lo oltrepassi; mentre se egli comincia ad accelerare la sua andatura verso i sei miglia all'ora il rapporto diviene enorme. Cosicchè se in definitiva egli cammina realmente altrettanto velocemente degli omnibus egli giammai non sarà più raggiunto; ed ove egli corra ancora più rapido egli comincierà ad oltrepassarli. Questi effettivamente andranno lentamente dietro a lui nella stessa direzione, relativamente a lui, come quelli che egli realmente va incontrando.

Vi possono essere tuttavia, altri veicoli in moto più rapido come trams o automobili, che ancora lo raggiungeranno venendo da dietro a lui. Se essi fanno parte di un servizio regolare le stesse norme si applicheranno ad essi.

In poche parole, qualsivoglia servizio misto possa aver luogo sulla strada, purchè esso si eserciti con moto uguale nell'uno e nell'altro senso, l'uomo può calcolare il rapporto dei veicoli che egli incontrerà a quelli che lo oltrepasseranno nella stessa di lui direzione, se egli conosce la sua propria andatura e quella dei veicoli.

Ma, allo scopo di utilizzare per i nostri propositi di calcoli questo stato di cose, egli è evidente che i veicoli non devono andare tutti in una direzione sola; essi devono muoversi avanti e indietro ugualmente. Fintantochè essi vanno così facendo il camminatore può scoprire qualche cosa d'altro oltre alle velocità relative. Supponete per un momento che egli sia sospeso in un pallone al disopra della strada, di notte, e supponete che tutti i veicoli siano illuminati. In un pallone la sensazione del movimento è così impercet-

tibile che riesce impossibile di dire la direzione del movimento eccettochè giudicandone da altri oggetti. Dal pallone sopra la strada percorsa sarebbe affatto semplice di trovare in qual modo andrebbe viaggiando il pallone stesso. Evidentemente esso sarebbe muovendosi verso la direzione da cui la maggior parte dei veicoli illuminati apparirebbe venire, e nel senso opposto di quella da cui ne venissero mandati meno.

Di più, se il pallone fosse sospeso sopra una grande pianura sulla quale dei veicoli andassero viaggiando in larga corrente, l'areonauta potrebbe annoverare il numero delle luci che vengono da differenti parti del circuito verso di lui; ed avendo verificato da quale quarto di circolo ne apparisse venire la massima parte, conoscerebbe che il pallone andrebbe viaggiando verso di quello; oppure se avesse identificato il quarto di circolo che ne manda il minor numero, egli conoscerebbe che sta allontanandosene. Sulla pianura su cui librasi l'aeronave non è necessario che tutti i veicoli vadano viaggiando avanti o indietro in una stessa direzione (come per esempio *nord* e *sud*). I veicoli che vengono dal nord-ovest o dal nord-est accresceranno apparentemente il numero; il che è dovuto al fatto che il pallone va in parte tagliando per isghembo o l'una o l'altra di queste due direzioni, ma l'aumento non sarà mai così grande come il diretto aumento dal nord. L'est e l'ovest non saranno affatto interessati, e le diminuzioni dal sud-est e dal sud-ovest non saranno così grandi come quella dal sud.

Via via che il pallone si muove in giro sul circuito vi sarà sempre un massimo ed un minimo, e la direzione del pallone può essere dedotta come verso il massimo o proveniente dal minimo.

Ma supponiamo che il secondo metodo di calcolo non dia lo stesso risultato del primo. Supponiamo che la direzione da cui pervengano la massima parte dei

lumi non sia esattamente opposta a quella da cui minor numero di luci sono mandate. Ciascuna deve dare la direzione del volo del pallone. Ciascuna dev'essere di ugual valore per indicare la direzione. Ma il pallone non può andar movendosi ad un tempo in due direzioni; deve dunque esservi qualche cosa di erroneo.

Ciò che è erroneo si è la presunzione che il traffico sotto al pallone stia svolgendosi indifferentemente in entrambe le direzioni, oppure all'indietro od avanti in tutte le direzioni. A meno che questo accada la nostra regola non si applicherà. Reciprocamente, se la nostra regola non si applicherà, il fatto non succede. In altre parole, il traffico degli illuminati veicoli dell'universo, le stelle, non può essere considerato come un'entità intieramente uniforme.

Non vi è una sola grande direzione di stelle. Essa è un moto composito risultante da parti che hanno differenti movimenti sistematici.

È stato in questo modo che il Prof. Kapteyn dedusse l'esistenza di due serie di stelle, ossia di un doppio universo. Le di lui parole testuali erano:

Noi quindi in realtà abbiamo determinato il punto culminante del moto solare, separatamente, dalle stelle che hanno un moto diretto, e da quelle che hanno un moto retrogrado. Invece di trovare lo stesso punto o punti opposti noi troviamo due punti situati a 125° gradi di lontananza tra di loro.

Noi conchiuderemo che vi sono due serie di stelle. Il moto del sole relativo all'una differisce da quello relativo all'altra serie.

Ne consegue che una serie di stelle deve avere un movimento relativo all'altra serie.

Il Prof. Kapteyn diede una prima approssimazione della media relativa delle due correnti o direzioni di stelle. La linea di avvicinamento dell'una all'altra è quella che congiunge il nostro Sole colla stella ξ di Orione, e che giace quasi esattamente nel piano della Via Lattea.

Il Sig. A. S. Eddington ha corroborato ed amplifi-

cato i risultati del Prof. Kapteyn, risolvendoli egli stesso col paragonarli col catalogo delle stelle di Groombridge. Ora noi abbiam detto che l'areonauta viaggiando verso il nord incontrerà il massimo numero di luci provenienti dal Nord; ed il minimo dal Sud.

Rappresentisi egli il numero contato da ogni direzione per mezzo di una linea tirata da un punto C in quella direzione, e lunga per l'appunto in centimetri, quanto è il numero da lui contato.

Quindi:

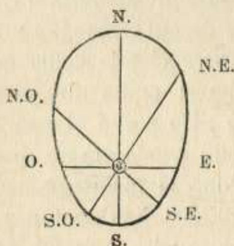


Fig. 3 (Il punto C è il centro della figura).

Se vi fosse solo una direzione di stelle, gli osservatori otterrebbero un ovale alquanto simigliante alla figura quì sopra. Ma quando il Sig. Eddington ha tracciato la sua curva egli non ha trovato affatto un ovale; ma una linea rassomigliante a qualche cosa che il Prof. Turner ha paragonato ad un coniglio. La curva aveva un collo distinto ad una estremità che le toglieva la qualità di ovale e, da un punto di vista matematico aiutava l'ipotesi di Kapteyn che vi fossero due serie di stelle. Il Sig. Eddington mostrò che la curva simile al coniglio poteva matematicamente essere considerata come una curva *completa* consistente di due ovali. Egli l'ha analizzata e poscia l'ha sintetizzata; ed ha dimostrato che a ciascun ovale potevano essere assegnate certe stelle. Egli fece questo sei volte con differenti gruppi di stelle; ed ha dimostrato che le curve indicavano soddisfacentemente la

stessa coppia di universi o di « correnti di stelle ». Una corrente di stelle viaggia in ragione di settanta miglia al secondo; l'altra a cinque miglia al secondo. Le correnti devono intersecarsi; ed il Sig. Eddington nota che la speciale abbondanza di stelle nella Via Lattea è dovuta in parti uguali ad entrambe le correnti.

Se quindi vi sono due o più correnti di stelle, la possibilità che l'universo doppio o multiplo non sia giunto ad uno stadio di stabilità in cui le collisioni siano improbabili, diventa maggiore. Ma sarebbe inescusabile il presumere che le collisioni siano probabili: ed il massimo che si possa dire circa l'ipotesi delle collisioni si è che essa serve al suo scopo benissimo fintantochè noi non conosceremo di più intorno alle cause che producono la disintegrazione atomica.

Un corollario all'idea dell'esistenza di un universo doppio di stelle, è quello che di recente ha preso forma sotto il nome di stelle migratorie (1), un nome dato ad ammassi di stelle, che apparentemente mossi da qualche comune impulso, sembrano andar muovendosi in una identica direzione.

In una memoria pubblicata nel 1908, il Professor Lewis Boss (2) di Albany, di già ben conosciuto per la di lui opera continuata a lungo sulle posizioni e sui movimenti di stelle fondamentali, ha annunziato che non meno di trentanove stelle, sparpagliate nel cielo sovra un'area altrettanto grande come l'Orsa Maggiore, erano tutte in moto esattamente verso lo stesso punto. Non è supposto che esse s'incontrino giammai; al contrario l'evidenza sembra dimostrare

(1) « Migrating Stars » del Prof. H. H. Turner (« Fortnightly Review »).

(2) « Convergent of a Moving Cluster in Taurus » del Professor Lewis Boss (« Astrophysical Journal », 604, 1908, settembre).

che esse siano in moto sovra linee parallele; ma per le leggi della prospettiva queste linee appaiono convergere ad un punto di fuga, che il Prof. Boss ha denominato un convergente. Un'idea simile fu dapprima discussa da Proctor (1) quarant'anni fa. Egli dimostrò che grandi gruppi di stelle erano animati da un moto attraverso il cielo nella stessa direzione e colla stessa velocità. Il più segnalato esempio si trova nelle sette stelle della costellazione della Grande Orsa o Carro di Boote. Delle sette, le cinque di mezzo vanno fuggendo via insieme ed allontanandosi dalla terra: le due di punta all'estremità del timone, stanno venendo verso di noi. Ma queste due non sono sole nei cieli. Esse appartengono alla stessa compagnia a cui appartiene Sirio, ed alla quale appartengono pure sei altre stelle — la più rilucente nella Corona del Nord, una nel Lione, una nell'Eridano, ed una nell'Auriga. — Queste sono state scoperte dal Dott. Ejmas Hertsprung (2) di Gottinga. Esse sono molto disperse per il cielo, e ve ne possono pur essere delle altre non ancora scoperte. Esse si muovono in corse parallele attraverso l'universo di stelle come uno stormo di uccelli migratori, e qualcuna della loro brillante squadra è passata accanto a noi, e qualcuna non ci ha ancora raggiunti.

Egli è possibile che il nostro sia un sole di un ammasso di stelle che si muova come quello anzidetto. La stella variabile Algol col suo compagno oscuro può andare muovendosi con noi; e così può essere della sua vicina, la stella Beta della costellazione Perseo, ed una stella dell'Aquila, e due del Cigno possono andare avviandosi sul nostro percorso.

La scoperta fatta dal Prof. Boss dei moti paralleli di trentanove stelle ha dato un nuovo impulso allo

(1) « Proc. Roy. Soc. ». Vol. XVIII, p. 169.
(2) « Astrophysical Journal ». Vol XXX, p. 138.

studio di questi stormi di stelle, i di cui movimenti e le possibilità dei cui movimenti sono molto più misteriosi di quelli di ogni sorta d'uccelli. Può forse essere, si domanda il Prof. Turner, che tali stormi di stelle abbiano una qualche associazione comune di nascita, forse una qualche vasta nebulosa che si è raccolta in stelle, billioni di anni fa, come una nuvola si condensa in goccie, e che ancora conserva con esse la sua vasta estensione e la sua velocità iniziale?

Tipi di stelle.

Qualunque sia la teoria che noi possiamo adottare per i più primitivi stadî di evoluzione nel sistema solare, noi veniamo ad un tempo in cui tale sistema è stato sviluppato in un numero di grandi sfere ad alta temperatura.

La storia della vita di ciascuna di esse può essere stata differente. Egli è presunto che nessuna per es. fosse giammai in uno stato simile al sole; i più grandi pianeti erano più prossimi a tale stato, quelli più piccoli erano più lontani da quello ; e questi ultimi si sarebbero raffreddati più rapidamente. Soltanto il Sole tra di essi dimostra affinità colle stelle. Si è supposto che esso sia passato attraverso gli stati mutevoli che lo spettroscopio ha scoperto tra le unità dell'universo stellare.

Le stelle sono state divise in un numero di tipi varianti coi quali noi conosciamo la loro costituzione. Il primo tipo consiste di stelle di un bianco azzurrognolo tra le quali Sirio, la più luminosa di tutte, è la più cospicua. Simili stelle sono più semplici per costituzione che il Sole, e le atmosfere loro sono poco dense e ricche di null'altro di riconoscibile fuorchè idrogeno. Analoghe a quelle sono le stelle del tipo dell'elio, che dimostrano fortemente la presenza di questo gaz.

Si è saputo per lungo tempo esistere l'elio intorno al Sole; esso è stato ritrovato più recentemente sulla Terra; ed esso è stato specialmente indentificato coll'emanazione del radio. Quando l'elio è dissociato dal radio la sua nascita è accompagnata da uno straordinario sviluppo di energia. Il Prof. Simon Newcomb ha supposto che la presenza di elio nelle stelle potesse essere un sintomo dell'esistenza di alcuni immensi magazzini di energia (1), allora a noi sconosciuta in cui avrebbe da essere ricercata l'origine della loro evoluzione e sviluppo.

La scoperta delle proprietà del radio ha illuminato questa espressione. Lo sfacelo dell' atomo del radio è accompagnato dalla liberazione di provvigioni, relativamente enormi, di energia. Egli è possibile che la origine dei sistemi stellari dovrebbe pure esser ricercata nella liberazione delle energie atomiche nei crogiuoli stellari.

Delle stelle di un secondo tipo hanno una leggera tinta d'oro ed appartiene a queste il nostro Sole. La gradazione della tinta dorata è affine a quella di un velo di nebbia, oppure ad uno strato ostruente nell'atmosfera del sole che assorba molto della luce violetta.

Il terzo tipo comprende le stelle rosse, le quali, quando vengon esaminate collo spettroscopio, rivelan molte linee metalliche, quelle del calcio, ferro, sodio e magnesio tra le altre. Nel 1904 il Prof. Fowler trovò un altro metallo in parecchie di codeste stelle, il titanio. Tali stelle spesse volte sono variabili ed egli è probabile che esse stiano approssimandosi al termine della loro carriera come soli. Un altro tipo di stelle rosse, trovato principalmente nella vicinanza della Via Lattea, mostra la presenza di carbonio e di cianogeno. Esse

(1) « The Star: A Study of the Universe ».

pure sembrano approssimarsi all'estinzione loro, ma questa loro decadenza è di un'altra sorta da quella delle prime. I restanti tipi di stelle sono pieni di giovinezza. Essi sono ritenuti esser ancora molto copiosamente gazosi. Alcune dimostrano la presenza di gran quantità di idrogeno e di elio; altre, che si ritrovano principalmente nella Via Lattea, come le deboli stelle rosse, possono avere dell'idrogeno, ma, se ce l'hanno, questo gaz deve esistervi in qualche condizione che non si verifica sulla Terra. In una di queste stelle è stata trovata una traccia, forse noi potremmo dire un sintomo, di ossigeno, un gaz che vien ritrovato molto di rado in qualche stella, ed è solamente rintracciabile nel Sole; ma nessuno ha qualche traccia di metalli.

Probabilmente il Sole era da principio una stella di elio con dei batuffoli nebulosi che si stendevano intorno ad esso. Esso quindi sarebbesi raffreddato sino al grado di Sirio, brillantissimo, e senza alcun strato di atmosfera che lo velasse. Questa sorta di stelle è molto più comune che la stella di elio; cosicchè probabilmente lo stato ulteriore ebbe maggior durata di quello primitivo.

Per gradi inapprezzabili, il Sole sarebbe passato alla sua presente condizione gialla, via via che lo strato solare atmosferico eliminasse sempre più e più la luce violetta; e forse nel futuro esso crescerà in rossore sempre maggiormente. Nella sua vecchiaia la di lui luce, nella quale qualche traccia di variabilità è stata di già trovata (1), diverrà notevolmente variabile e vi saranno grandi eruzioni di gaz incandescente.

(1) « Solar Radiation », da C. G. Abbot (Pubblicazioni dell'Istituto Smithsoniano), 1908.

CAPITOLO II.

L'origine dei satelliti.

Orbiti planetarie - Forme di pianeti - Quantità di moto di un pianeta e di un satellite - Attrito delle maree - Terra e Luna - Separazione della Luna dalla Terra e paragone con essa.

Abbandoniamo ora tuttavia la considerazione della temperatura delle sfere incandescenti che erano satelliti del Sole quando questo era ancora una stella di elio; e consideriamo il modo del loro sviluppo. Una illustrazione che illumina cotesto sviluppo è stata fornita da Sir G. H. Darwin nel di lui discorso presidenziale all'Associazione Britannica a Johannesburg (1).

Immaginiamoci, egli dice, un sole attorno al quale si muova in un circolo un solo grande pianeta che noi chiameremo Giove. Supponiamo che dopo quello sia proiettata una pietra meteorica od un piccolo pianeta, in un modo perfettamente arbitrario, nello stesso piano in cui va movendosi Giove.

Come si muoverà questo terzo corpo?

Sotto le attrazioni combinate del Sole e di Giove, il meteorite percorrerà un tracciato di una complessità straordinaria.

In un periodo, cioè quando trovasi a gran distanza sia dal Sole che da Giove, esso si muoverà lentamente; in altri periodi egli correrà come una cometa strettamente vicino all'uno od all'altro di quelli oltrepassan-

---

(1) Sud Africa, 1905.

doli. Com'esso passa rasente a Giove od al Sole esso può soventi volte sfuggire appena ad una catastrofe; ma verrà pur la volta che alfine arrischiandosi troppo da vicino capiterà una vera collisione. Il corso del meteorite è allora terminato con un assorbimento; e naturalmente per un caso, di gran lunga il più fortuito tra tutti, esso potrà trovare il suo Nirvana nell'assorbimento suo dal Sole.

Ora se invece di una pietra meteorica o di un pianeta minore vi sono centinaia di essi, moventisi al principio in ogni direzione immaginabile, allora dacchè essi sono tutti così piccoli da non esercitare influenza l'uno sull'altro, essi si muoveranno tutti quasicchè fossero soltanto influenzati dal Sole o da Giove.

Eventualmente, la massima parte di essi troverà la sua strada nel Sole; un numero minore si addizionerà con Giove. Se noi procediamo oltre a chiederci quanto a lungo avrà da durare il corso individuale di una pietra, noi troveremo che matematicamente esso dipende dal quanto velocemente ed in quale direzione quella stia viaggiando al principio. Poniamo che sia sufficiente la velocità e giusta la direzione e quella eviterà tanto il Sole quanto Giove e non verrà mai a collisione con uno di essi.

Noi esponiamo questo fatto in altro modo dicendo che vi sono certe orbite perpetue in cui una pietra meteorica od un pianeta minore può muoversi per sempre senza collisione.

Ma quando un simile corso immortale è stato largito al nostro pianeta minore, rimane ancora da scoprire se il più leggero allontanamento dalla sua orbita accorcierà la sua esistenza.

Una tale deviazione diventerà essa gradualmente più grande e sempre più grande, e così sarà dessa cagione che il pianeta minore addivenga in definitiva a collisione con uno dei due grandi magneti?

Oppure viaggerà il pianeta minore in tal modo da far ritorno alla di lui orbita perpetua, intersecandola ripetutamente, ma sempre conservandosi in prossimità di quella?

Se il più debole allontanamento dal rigoroso percorso inevitabilmente aumenta coll'andar del tempo, noi diciamo l'orbita instabile; se, d'altra parte, l'allontanamento soltanto conduce ad un leggero ondeggiamento nel tracciato descritto, l'orbita è stabile. Quindi noi giungiamo ad un'altra distinzione.

Vi sono orbiti perpetue, ma alcune di esse, anzi per verità la massima parte di esse, sono instabili e quelle non offrono un corso immortale per una pietra meteorica. Vi sono altre orbite perpetue che sono stabili o persistenti. Quelle instabili, nella frase di Sir G. H. Darwin, sono quelle che soccombono nella lotta per la vita. Quelle stabili sono le specie che si sono adattate al loro proprio ambiente circostante.

Finalmente: dato un sistema di un sole e di un grande pianeta, insieme con uno sciame di piccoli corpi muoventisi in tutte le sorta di direzioni, il sole ed il pianeta si svilupperanno per accrezione, gradatamente spazzandosi via la polvere ed i frammenti del sistema, e vi sopravviverà un certo numero di piccoli pianeti e di satelliti moventisi in alcuni percorsi definiti. Al fine noi avremo un sistema planetario regolare, nel quale le varie orbiti saranno aggiustate secondo leggi definite, se pur non conosciute. Se noi potessimo trattare il nostro sistema solare come un teorema matematico esatto, in cui tutte le quantità fossero note, Sir G. H. Darwin crede che noi dovremmo trovare che le orbiti dei pianeti esistenti e dei loro satelliti sarebbero annoverate tra le orbiti stabili perpetue.

Forme di Pianeti.

Questo processo anzidetto, per cui un pianeta aumenta le sue dimensioni coll'assorbire i suoi meno potenti e costanti vicini, comincierebbe prima che, e mentre, esso fosse nello stato liquido. Noi abbiamo ora da considerare, tuttavia, una forma di stabilità indipendente dall'orbita del pianeta, la stabilità della sua forma. Pressochè tutti sanno che una massa liquida in rotazione ha la forma alquanto simile a quella di un'arancia, rigonfiantesi leggermente verso la sua metà, ed un poco appiattita ai suoi poli. La sua forma è dovuta a due cause affatto evidenti. Le attrazioni uguali di gravità tendono a far raggruppare le sue particelle in una sfera regolare. Le forze centrifughe entrando in gioco tendono a far volar via le particelle nello spazio. Ma una particella sull'equatore del globo va viaggiando con una velocità molto maggiore di quella sul circolo Artico (dove, quanto più una particella è vicina al polo, tanto minore è la sua velocità di rotazione e tende ad approssimarsi allo zero al polo stesso).

Quindi all'equatore la forza centrifuga verso l'esterno tende a contrastare in maggior grado l'attrazione della gravità verso l'interno. Per dirla diversamente, una particella all'equatore virtualmente pesa di meno che al polo, ed è spinta all'infuori maggiormente dalle particelle che pesano di più.

Quindi una sfera rotante sul proprio asse ha un diametro maggiore attraverso al suo circolo equatoriale che da polo a polo.

Una sfera rotante diventa adunque uno sferoide; e quanto più rapida essa gira, tanto più piatta essa diventa. I pianeti ci forniscono un'illustrazione di questo, perchè Giove è più piatto che Marte: un risultato presumibilmente dovuto ad una disparità nella loro

velocità di rotazione ad un primitivo periodo nella storia della vita loro. Ma un pianeta non può andare aumentando la sua velocità di rotazione e continuare ad appiattirsi indefinitamente; perchè, se tale ne fosse il caso, tutti i pianeti sarebbero diventati dei dischi. Ad un qualche punto la sua crescente instabilità raggiunge il punto di rottura. Qualche cosa d'altro accade. L'equilibrio si distrugge quando la rotazione raggiunge una certa velocità critica, variabile a seconda delle circostanze, e lo sferoide o altera fondamentalmente la sua forma, oppure va in pezzi.

Però quanto realmente avvenga può soltanto parzialmente essere determinato; e questo grande problema nella matematica celeste s'avvia molto lentamente verso una soluzione completa. Il sig. Poincaré per il primo venne alle prese con esso nel 1885. Sir G. H. Darwin lo afferrò indipendentemente dal primo, un poco più tardi; e le ricerche di ciascuno hanno completato quelle degli altri per più di un quarto di secolo. Ma dev'essere rammentato che mentre questi due matematici hanno elaborato una teoria rischiarata ad alto grado, tuttavia i loro risultati sono per qualche verso non concludenti; ed essi sempre sottostanno all'obbiezione che il presunto sferoide è liquido e che esso è omogeneo. Nè l'una nè l'altra di queste condizioni sono realmente riconosciute come esistenti; ma lo stabilirle è stato fatto collo scopo di dar l'attacco al problema affatto matematicamente. Nelle parole di Miss Agnes Clerke (1) tali condizioni indicano, piuttosto che dettano, la storia dei sistemi, però esse proiettano la più viva luce sopra un periodo della loro genesi.

Secondo Poincaré, quando lo sferoide in rotazione

(1) « Modern Cosmogonies », « The Fission of Rotating Spheres », « Knowledge », Nov. 1903.

si accelerò al punto di spezzarzi in due, esso acquistò tre assi disuguali invece di due. Il circolo del suo equatore divenne un'elisse; ed il pianeta ciò che è noto col nome di « elissoide di Jacobi ».

Questa forma durò per qualche tempo, alquanto lungo, ma come avvenne l'acceleramento ulteriore di velocità e la contrazione dovuta al raffreddamento, persino l'elissoide di Jacobi ebbe a soccombere.

Vi fu un'altra crisi; un altro disfacimento d'equilibrio; e prima che l'equilibrio fosse ristabilito, quello che, prima d'allora, era uno sferoide, ebbe a far sacrifizio d'ogni pretesa alla simmetria ed ebbe a diventare foggiato a pera.

Noi ora siamo in dubbio circa alla susseguente storia della massa rotante a foggia di pera. Il signor Poincaré dapprima indicò che questa forma fosse verosimilmente per spaccarsi in due parti.

Sir G. H. Darwin pensò che la pera liquida rotante sarebbe stata una forma stabile.

Il sig. J. H. Jeans, da uno studio molto accurato sovra una serie di corpi rotanti, aventi forma di sigari, i quali teoricamente si comporterebbero in un modo consimile agli elissoidi, giunse alla conclusione che nel processo di tempo l'estremità a picciuolo della pera diventerebbe più bulbosa, la strozzatura mediana diverrebbe più sottile, ed infine un satellite eromperebbe fuori da un'estremità del pianeta genitore. Sir G. H. Darwin nel discorrere di queste ricerche e di quelle sue proprie sulla teoria matematica dei liquidi in rotazione, osservò una curiosa rassomiglianza.

« Le figure che mi capitarono nel disegnare, per mezzo di calcoli rigorosi, gli ulteriori stati di questo corso d'evoluzione, sono così curiose da rammentarmi alcuni di tali fenomeni come la sporgenza di un filamento di protoplasma da una massa di materia vivente, ed io suppongo che noi possiamo vedere in questo

quasi processo vitale la parte contrapposta di almeno una forma dell'origine di stelle doppie, pianeti e satelliti » (1).

Per riassumere gli antecedenti paragrafi (tralasciando alcuni dei punti criticati e non spiegati), noi possiamo dire che un metodo di evoluzione di un pianeta liquido e del di lui satellite è presunto essere nel modo seguente: La sfera liquida rotante s'appiattisce come la forma d'una arancia; via via che essa va accelerando il moto suo essa diviene sempre maggiormente piatta finchè essa non s'approssima alla forma simmetrica di un uovo rotante sul suo fianco sul tavolo. Nel suo ulteriore sviluppo l'elissoide diventa sempre più a forma d'uovo; e di poi assume la foggia di pera. Allora una delle due estremità comincia a cacciare all'infuori un filamento. Finalmente la sporgenza filamentosa diventa bulbosa alla sua estremità, ed è soltanto più riunita alla massa principale di liquido da un collo che va gradatamente assottigliandosi. Alla fine il collo si rompe, e ci rimangono due masse separate che possono essere denominate pianeta e satellite.

Questa maniera di separazione, questo spezzamento o questo fendersi di globi rotanti, non si applicherà alla separazione di ogni pianeta e di ogni satellite. La massa della luna è $\frac{1}{80}$ di quella della Terra, laddove la massa di Titano, il più grande satellite cognito nel sistema solare, è solamente $\frac{1}{4000}$ di quella di Saturno; ed il terzo e più grande satellite di Giove contiene solamente $\frac{1}{11300}$ parte della materia contenuta nel corpo del suo progenitore. La grande dimensione relativa del nostro satellite fornisce una ragione per credere che la modalità del distacco della Luna dalla

(1) Discorso del Presidente della British Association, come sopra.

Terra sia stata influenzata da cause differenti da quelle che operarono nelle vite di altri pianeti e nelle origini dei satelliti loro.

Terra e Luna.

Prendiamo ora l'esempio della Terra e della Luna quando cominciano il loro corso separato ma correlativo. Essi erano vicinissimi tra di loro. La Luna andava viaggiando attorno alla Terra a piccola distanza da essa. Entrambe le sfere erano in rotazione. Entrambe s'andavano attirando con forza l'una coll'altra. Ciascuna andava sollevando grandi maree sull'altra, perchè, come il prof. Hecker di Potsdam ha ultimamente dimostrato (1), persino adesso vi è un movimento apprezzabile della terra solida, che sale a qualche pollice, dovuto all'attrazione della Luna.

Mentre nel principio della storia loro le due sfere rotavano lato a lato, la rotazione della Terra (come quella pure della Luna) andava rallentandosi per l'on-

(1) « Tides in the solid Earth, » del prof. Oscar Hecker, membro del R. Istituto Geodetico di Prussia. « Pubblicazioni dell'Istituto Geodetico Prussiano, N. F., N. 32, Berlino 1907. Veder pure; « Annuaire du Bureau des Longitudes », 1909, ed un articolo in « Harper's Magazine », Vol. CXX, pag. 710 e seg. N. 719: —

« La nostra sfera solida, colla quale espressione intendiamo dire non soltanto la crosta, ma lo stesso intiero pianeta, è incessantemente deformato dalle forze tremende, attrattive e dirompenti, della Luna.... e periodicamente cambia la sua forma secondo la posizione della Luna. Questa Terra che noi siamo abituati a considerare come solida e ferma è tuttora non assolutamente rigida ma è attraversata da una marea crescente elastica. Parrà strano a pensare che una città come Londra con tutti i suoi enormi edifizî vada impercettibilmente sollevandosi ed abbassandosi due volte al giorno entro un limite di spostamento di circa mezzo yard (cent. 46)... La Terra senza dubbio cede all'attrazione lunare, ma oppone un'enorme resistenza alla deformazione. In altre parole, la terra si comporta come una palla d'acciaio della dimensione del nostro globo ».

data di marea di materia plastica che andava spostandosi di continuo attorno a quella, alterando la forma di essa. La quantità di moto di rotazione che andava quindi perduto da uno dei compagni del sistema Terra-Luna, doveva essere ricomparso, in qualche altra parte del sistema.

Può esser data una semplicissima illustrazione di questo. Se un individuo tenendo nelle sue mani un paio di quei pesi, ad uso dei ginnasti, a braccia tese girerà sulla punta dei piedi, o si farà girare da una tavola o piattaforma girevole, egli potrà considerare sè stesso come un esempio di un sistema moventesi con un certo « momento di quantità di moto ». Ma, se mentre ancor sta girando, egli lascia ricadere le sue braccia, tenendo i pesi da ginnasta ai fianchi suoi, egli troverà che la velocità della sua rotazione aumenta.

Inversamente, se egli inizia l'esperimento colle sue braccia ai fianchi suoi, e poi subitamente le rialza e tiene i pesi all'infuori a braccia tese, la velocità della sua rotazione diminuirà. La ragione è affatto evidente. Alcune delle particelle del « sistema » hanno o una minore, o una maggiore distanza da percorrere: e per conseguenza il sistema in conformità a dette condizioni gira a maggiore od a minore velocità. La perdita in un senso è compensata nell'altro.

Il modo con cui questa agiva nel nostro sistema, era col respingere la Luna più lontano dalla Terra, cosìcchè nella sua rivoluzione orbitale il compenso del lavoro fatto era corretto.

La quantità di moto ***rotativo*** andava perdendosi; essa era di nuovo ritrovata nella quantità di moto ***orbitale***. La Luna quindi si ritraeva sempre più e sempre più dalla superficie della Terra. Il « momento della quantità di moto » era conservato coll'aumento della quantità di moto orbitale della Luna, mentre

nello stesso tempo la sua velocità di rotazione andava scemando.

Quindi la Luna si è ritirata maggiormente lungi dalla Terra, via via che la velocità di rotazione di entrambe le sfere è stata diminuita dall'azione delle loro attrazioni di maree, dell'una sull'altra.

[Sir G. H. Darwin ha determinato il caso della Terra e della Luna in un modo più concreto (1). Egli descrive la Terra primitiva come un pianeta di circa 8000 miglia di diametro (Km. 13.000 all'incirca), in parte solido, in parte liquido, in parte gazoso. Il suo corso intorno al Sole impiegava pressochè lo stesso periodo di tempo di un anno, tanto allora come adesso, ed il suo asse era inclinato ad un angolo di circa 11° o 12° sul piano dell'eclittica. Esso compieva una rivoluzione in un tempo compreso tra le due e le quattro ore. Vi fu un freno di attrito sui suoi movimenti dovuto all'azione delle maree che erano cagionate dal Sole: ma la Terra andava raffreddandosi e com'essa fu raffreddata essa si mosse più velocemente nella sua rotazione. Il freno dell'influenza del Sole non fu potente tanto da contrastare l'accelerazione della sua rotazione e la sua rapidità di giro divenne alla fine così grande che essa non potè più conservare la sua forma elissoidale. Allora, nella maniera di già descritta, essa si divise, e da una massa due ne divennero; la nuova Terra e la Luna].

Se tuttavia la Luna si spezzò ad un'estremità, oppure se, secondo l'usanza suggerita dalla miriade di lune di Saturno, essa è stata da principio una catena volante di meteoriti, noi ad ogni modo possiamo presumere che il satellite nuovo nato abbia assunto in definitiva una forma sferoidale. Dapprima questa nuova

(1) « The Tides » (Encyclopaedia Britannica); « Roy. Soc. Phil. Transactions », Volumi CLXI, CLXXII.

Luna e la prima Terra furono quasi a contatto l'una coll'altra, ed andarono roteando pressochè insieme. Ciascuna di esse sollevò una marea sull'altra ed il Sole sollevò una marea su entrambe.

In conseguenza della resistenza di attrito a questi moti di maree un tale sistema deve tendere ad un cambiamento. In qual maniera trasmuterebbesi desso?

Se la Luna si fosse mossa attorno alla Terra più velocemente di quanto girasse la Terra il nostro satellite sarebbe ricaduto sulla Terra.

Quindi la Luna deve aver girato attorno alla Terra un poco più lentamente di quanto rotasse la Terra. La velocità di entrambe, cioè la rotazione della Terra e la rivoluzione della Luna, aumenterà col tempo: ma la rotazione della Terra aumenta più rapidamente di quanto non aumenti il moto orbitale della Luna.

Noi ci rappresentiamo la Luna come uno sferoide che abbia girato dapprima sovra un asse pressochè parallelo all'asse di rotazione della Terra. Entrambe, la Terra e la Luna, vanno ritardando l'una sull'altra il rispettivo moto di rotazione assiale, per l'azione delle maree che ciascheduna solleva sull'altra. Ma qui di nuovo il rallentamento di velocità della Terra è meno accentuato di quello della Luna.

Noi abbiamo dimostrato, quindi, varii elementi di instabilità nel sistema; e presentemente questa instabilità si manifesta in una variazione.

Quando la velocità del movimento orbitale della Luna attorno alla Terra si sarà ridotta ad un punto tale che l'orbita impieghi metà del tempo della rotazione della Luna, l'asse di rotazione della Luna comincierà a variare. Quest'alterazione dell'asse diventa sempre più marcata, via via che la Luna si allontana dalla Terra, in virtù dell'intervento delle cause che noi abbiamo nominate: finchè finalmente l'equatore della Luna è pressochè coincidente col piano dell'orbita di

essa. Ed infine anche l'attrazione della Terra e la deformazione delle maree che quella ha cagionato, degenera in una permanente forma elittica dell'orbita.

Noi non abbiamo bisogno, per il presente, di tracciare più oltre l'azione mutua delle forze di gravitazione della Terra e della Luna.

Il sistema della Terra e della Luna, come Miss Agnes Clerke ha osservato (1), occupa una situazione critica nel corteo solare.

«I pianeti più interni del sistema non hanno satelliti: i pianeti suoi più esterni (Nettuno facendo probabilmente solo un'apparente eccezione alla regola) ne hanno due o più. La Terra sola è veramente binaria; e la Luna non è solamente la sua compagna solitaria, ma essa è il corpo, associato ad un altro, di gran lunga il massimo, relativamente alla massa del suo socio primario, di quanti possano essere trovati entro i limiti del dominio solare. Queste circostanze sono certamente non sconnesse l'una dall'altra, ed esse ovviamente dipendono da una sola causa. L'attrito delle maree prodotte dal sole è stato qui il fattore determinante. La ripartizione dei satelliti ai vari pianeti fu, senza dubbio, in una larga misura prescritta dai gradi di potere ritardatore sopra la loro rotazione assiale, portato ad agire nei loro corpi ancora plastici per mezzo dell'ufficio delle maree sollevate dal sole. Donde ne venne che la ragione di dirompimento di rotazione, che era necessaria per la separazione di satelliti, non fosse giammai raggiunta nè da Mercurio, nè da Venere; essi rimasero per tutto il tempo senza lune, ed esposti, per cagione del diminuire della loro velocità di rotazione, ad estremi di temperatura senza compensazione.

« È rimasto molto indeciso in qual modo la Terra

(1) « Modern Cosmogonies », « Knowlege », September 1903.

fosse per progredire in entrambe le vie. Il prevedere rettamente il destino di essa avrebbe richiesto in verità una non comune perspicacia in un intelligente spettatore. Sebbene il freno solare sulla rotazione sua, non avesse più di un undicesimo del potere che aveva su quella di Venere, esso cionondimeno bastò durante innumerevoli età per ritardare l'accelerazione da raggiungere l'apice che implica l'instabilità. Il nostro pianeta allo stato d'embrione aveva da lungo tempo cessato di essere una nebulosa e si era ristretto pel raffreddamento pressochè alle sue attuali dimensioni, prima che il dado fosse gettato. Allora finalmente i precipitevoli effetti della contrazione prevalsero sopra il rallentamento prodotto dall'attrito delle maree, la velocità assiale prevalse sul semplice equilibrio, e lo sferoide (1) si divise.

« Ora i globi per tal modo assai maggiormente progrediti in condensazione sono atti a fondersi meno disugualmente che i globi in uno stadio più primitivo; e la Luna, perchè nata tardi, era di grande dimensione. A cagione delle circostanze eccezionali della sua nascita, della sua considerevole massa relativa, o della sua velocità iniziale ristretta, la Luna resse sulla Terra il maneggio dell'influenza delle maree, in modo considerevolmente più potente di quello esercitato dai suoi camerati nel dominio del Sole ».

(Sarà osservato che in questi paragrafi Miss Clerke adottò l'ipotesi di Sir G. H. Darwin circa all'erompere della Luna dalla Terra).

In nessun altro sistema di satellite, che noi conosciamo è possibile la stessa condizione di cose, o gli stessi risultati di quella.

Nessuna luna all'infuori della nostra possiede una riserva di quantità di moto grande abbastanza per

(1) Apioide, ossia foggiato a pera.

accennare ad una consimile storia. I seguaci planetarî viaggiano pressochè sulle originali traccie loro; alle increspature liquide innalzate da quelli sulle superfici dei loro principali, è mancato il potere di spostarli. La loro propria rotazione appare come stata distrutta, relativamente cioè, al pianeta distruttore; e vi è la più forte probabilità che tutti i satelliti di Giove e di Saturno rivolgano invariabilmente la stessa faccia verso l'interno. Essi rotano, come fa la nostra Luna, nei periodi delle loro parecchie rivoluzioni; ed essi così si comportano per una causa simile.

La Luna, come ha osservato il Prof. W. H. Pickering, è detto usualmente il satellite della Terra, ma in realtà è molto più propriamente la sua gemella. Essa è più attratta verso il Sole che verso la Terra, e se, quando è situata tra i due, essa fosse subitaneamente fermata nella sua orbita, essa lascierebbe la Terra per non fare mai più ad essa ritorno, e cadrebbe direttamente nel Sole.

Ad un osservatore, collocato su uno dei più prossimi pianeti, per esempio Venere, la Terra e la Luna sembrano non dissimili da una bella stella doppia, la Terra, nel suo momento più brillante, apparirà molto più brillante di quanto Venere appaia a noi, e la Luna altrettanto brillante quanto Giove: ed i membri di questo sistema binario non si vedranno giammai più lontani tra di loro che la distanza nei cieli che è (secondo la nostra visione) coperta dalla Luna.

Il diametro della Luna è di 2163 miglia (1), o alquanto di più che un quarto di quello della Terra; la sua massa è di un ottantesimo; il suo peso specifico è di tre volte e mezza quello dell'acqua, e quindi circa due terzi di quello della Terra (5.6).

Una supposizione piuttosto fantastica è stata fatta

(1) Circa 3480 Km., ossia pressochè due settimi.

che il grande bacino dell'Oceano Pacifico fosse una volta occupato dalla Luna, cosicchè le masse continentali dell'emisfero orientale e di quello occidentale fossero lacerate al tempo della separazione della Luna dalla Terra.

Un corpo della dimensione della Luna corrisponderebbe in volume ad una sezione della crosta della Terra che avesse un'area uguale a quella degli oceani terrestri, ed una profondità uniforme di trentacinque miglia. Noi facciamo menzione di questa teoria, sebbene senza prestarvi gran fede. Non ci è noto se la terra avesse a quell'epoca una crosta solida, oppure che tutti i materiali dei quali la Luna è formata fossero asportati contemporaneamente da un cataclisma o da uno stesso punto della superficie della Terra. Inoltre vi sono delle ragioni per supporre che la Luna possa avere avuto delle aggiunte alle sue dimensioni per via d'accrezione dopo la di Lei separazione dalla Terra; e la supposizione deve quindi rimanere una semplice congettura.

Delle congetture che sono molto più vantaggiose di quella detta, nell'aiuto che esse ci portano nel tracciare lo sviluppo di un pianeta, sono quelle che s'interessano della storia della Luna dopo la sua separazione. Si crede che la superficie della Luna debba aver raggiunto la sua presente condizione molto prima che la Terra fosse venuta in quello stato, a cui essa pervenne, cioè di essere ricoperta esternamente di una crosta. Il Prof. Shaler ci fa osservare (1) che quando si sono separate la Terra e la Luna, la quantità totale di calore che esse separatamente contenevano, era all'ingrosso proporzionata alla massa di

(1) « A Comparison of the Features of the Earth and Moon », del Prof. N. S. Shaler, Università di Harvard (Smithsonian Institution), Washington, 1903.

ciascun corpo. La massa della Luna sta a quella della Terra come uno ad otto, ed il di lei diametro è di uno a quattro.

Se, quindi, noi presumiamo che a quel tempo della loro separazione, entrambe, e Terra e Luna, fossero in uno stato parzialmente liquido o gazoso, allora secondo le leggi del raffreddamento dei corpi, la Luna deve aver acquistato una crosta permanentemente rigida, se pure in verità essa non divenne interamente gelata, molto prima che la Terra cessasse di avere una superficie liquefatta.

Sembra altresì verosimile che la Luna si raffreddasse assai oltre il punto di possibilità di azioni vulcaniche, in epoca molto anteriore a quella in cui la superficie della Terra potesse congelarsi, o forse persino prima che questa potesse passare dallo stato semi-gazoso a quello liquido.

CAPITOLO III.

Sfere che si raffreddano.

La faccia della Luna - Azione vulcanica sulla Luna - Crateri della Terra e della Luna paragonati tra di loro - Contributi meteorici alla Luna - Il cratere di Canyon Diablo - I mari della Luna - Collisione con un planetoide.

Se egli è supposto che al cominciamento della loro storia binaria entrambe, Terra e Luna, fossero parzialmente liquefatte, oppure ad ogni modo liquefatte sulle loro superfici, allora gli sforzi delle maree innalzate dalle loro mutue attrazioni devono aver prodotto effetti gravissimi. Mentre le due sfere erano strettamente vicine l'una all'altra, ondate montuose di lava avrebbero viaggiato sopra le superfici di entrambe. La velocità del movimento d'onda costantemente andò rallentando, tuttavia, come le sfere andavano allontanandosi l'una dall'altra. Giungerebbe il giorno in cui l'azione della marea ed i movimenti lenti delle onde viscose diverrebbero a mala pena più percettibili di quanto esse siano adesso: e non vi è fondato motivo di credere che qualcuna delle caratteristiche permanenti o della Luna, o della Terra, debbano essere ascritte alle azioni delle maree delle età passate. L'effetto dell'attrazione della Terra, presentemente sei volte più grande sulla Luna, di quanto l'attrazione della Luna sia sulla Terra, ed anticamente probabilmente più grande, sarebbe affatto sufficiente per sollevare qualche interna massa di liquido sulla Luna ad una considerevole altezza. Ma essa non può aver servito bene per fungere da pompa per innalzare la

lava all'elevazione alla quale essa appare gelata nei crateri lunari.

Affine di fare ciò le attrazioni terrestri avrebbero avuto da agire sopra una massa centrale di liquido igneo, mentre la crosta, attraverso alla quale scaturiva il liquido, rimaneva rigida, non cedendo considerevolmente.

Se queste condizioni fossero state possibili, la lava senza dubbio sarebbe salita e discesa in ciascun giorno lunare — e quello può essere quasi altrettanto sovente come a noi piaccia calcolarlo. Ma la crosta della Luna essendo allora così lungi dall'essere inflessibile, vi è ragione di credere che ben anche adesso, come la crosta della Terra, essa possa cedere all'attrazione.

Secondo il Prof. Shaler (1) le lave dei crateri vulcanoidi della Luna sono gelate a livelli eccessivamente svariati. Vi sono delle differenze di migliaia di piedi nei livelli dei fondi di crateri che sono prossimi assai l'uno all'altro; e queste « stazioni di riposo » che hanno durato abbastanza lungo tempo per permettere il congelamento della lava non hanno da essere spiegate coll'ipotesi di una incessante attrazione assorbente di marea. Un modo di vedere ragionevole circa la superficie della Luna quando i suoi crateri erano in attività, si è che essa fosse liquida all'interno con una crosta relativamente sottile. Non è punto necessario che la materia liquida sia stata della stessa sorta delle lave della Terra. Essa era probabilmente più tenace, più viscosa, con una maggiore quantità di pomice. Le forme assunte dalle lave che sono state spinte all'insù reggono bene a questo modo di vedere.

---

(1) « A Comparison of the Features of the Earth and the Moon », di N. S. Shaler (« Smithsonian Contributions to Knowledge », Vol. XXXIV, pag. 31, 1903).

Tuttavia, prima di esporre qualsiasi spiegazione ragionata delle cause vulcaniche che adducono alla costituzione della crosta della Luna come noi adesso la osserviamo, torna gradita una breve descrizione della faccia della Luna.

Una descrizione ben adatta allo scopo è stata fatta dal Prof. Shaler nel suo scritto « Paragone delle caratteristiche della Terra e della Luna », dal quale togliamo i seguenti brani :

La faccia della Luna - Pianure.

« Facendo ritorno adesso alla forma ed alla struttura della crosta della Luna, noi osserviamo che essa differisce molto da quella della terra. Considerando dapprima le caratteristiche le più generali, noi notiamo che non ve n'ha nessuna di queste grandi creste e solchi — i continenti ed i bacini dei mari.

« Una porzione della superficie, principalmente nell'emisfero del Nord, è occupata da vaste pianure, che nella loro configurazione generale si mantengono più costantemente prossime al piano orizzontale che qualunque area di uguale ampiezza sulla superficie dei territorî o sul piano dell'oceano sulla Terra, sebbene quelle siano recinte da parecchie leggere irregolarità. Queste aree di pianure aspre, tinte di color fosco sono i mari o *maria* dei selenografi, e sono così chiamati perchè anticamente essi furono, per la loro natura relativamente livellata, supposti essere aree di acqua. Questi *maria* occupano circa un terzo della superficie visibile. La loro altitudine è di qualche poco minore di quella della crosta al di fuori dell'area loro ».

Assenza di erosione.

« La restante porzione della Luna è estremamente scabra. Egli è evidente che l'inclinazione media dei pendii è molto maggiore di quanto sia sulla Terra.

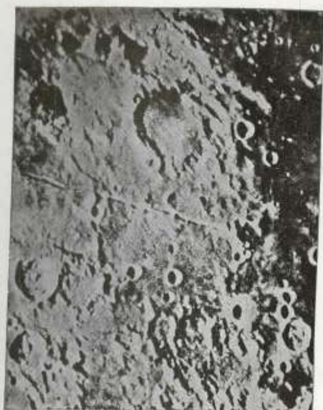
Questo appare in tutte le caratteristiche rese visibili dal telescopio. Zöllner, con un computo ingegnosissimo, basato sull'ammontare di luce solare riflessa, stima che l'angolo medio della superficie lunare coll'orizzonte suo sia di cinquantadue gradi.

« Sebbene noi non abbiamo base alcuna per calcolare il pendìo medio del terreno e del fondo del mare sulla Terra, è molto probabile che esso non giunga a più di cinque gradi. Questa differenza, altrettanto come parecchie altre, è più verosimilmente dovuta alla mancanza sulla Luna dell'opera dell'acqua, la quale con tanta efficacia corrode e strascina a valle gli scaglioni della Terra, tendendo sempre a portare la sua superficie ad un livello uniforme ».

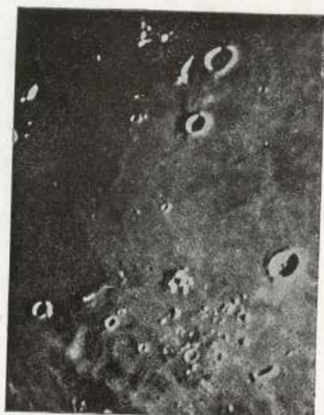
Crateri.

« La più notevole caratteristica della superficie lunare è l'esistenza di buche eccessivamente numerose, il più sovente munite all'ingiro di mura a foggia d'anella, le quali mura sono precipitosamente scoscese verso la cavità centrale e scendono più dolcemente verso la regione circostante.

« Queste fosse variano moltissimo per dimensione; le più grandi sono più di un centinaio di miglia di diametro, mentre le minori discernibili sono meno di mezzo miglio di larghezza. Il numero loro cresce col diminuire del diametro loro; vi sono parecchie migliaia di esse così piccole che esse sono rivelate solamente quando ricercate con i più potenti telescopi e colle viste migliori. In tutte coteste cavità vi è entro il muro a cerchio, e ad una considerevole profondità al disotto della cima di quello, un piano pressochè piatto, il quale spesse volte ha una buca centrale, oppure al posto di quella una rozza cava a pareti verticali... All'interno delle mura di cintura delle grandi cavità, maggiori di dieci miglia di diametro,



Un ruscello sulla Luna
(*Ariadeus*)



Crateri annulari e blocchi di lava
sul mare lunare
(*Mare Imbrium*)



Due grandi crateri annulari
sulla Luna
(*Schickard: Phocylides*)



Cratere annulare
presso un mare lunare
(*Sinus Iridum*)

(*Coll'autorizzazione del Prof. W. H. Pickering*)

vi sono usualmente dei terrazzi più o meno distinti, che suggeriscono l'idea che il materiale che ora forma i piani solidi, che quelle mura racchiudono, fosse una volta liquido; e che esso siasi soffermato nella cavità ad altitudini maggiori di quella, in cui si trovava quando divenne permanentemente solidificato ».

Montagne.

« Su tutta la faccia della Luna (fuori dei « mari » o *maria*) nelle regioni non occupate dalle strutture simili a vulcani, noi troviamo una superficie oltremodo irregolare, consistente abitualmente di ruvide escrescenze senza alcun assestamento distinto, le quali possono giungere all'altezza di parecchie migliaia di piedi. Queste protuberanze, quando sono grandi, sono state denominate montagne, sebbene esse siano molto dissimili da alcun altra montagna sulla Terra, per l'assenza generale di un ordinamento nei loro gruppi. Esse mancano pure delle caratteristiche dovute all'erosione. Le elevazioni di questo grado, di forma massiccia, sono comuni in tutte le parti della Luna ».

Screpolature.

« La superficie della Luna esibisce un grandissimo numero di fessure o crepe, le quali, quando sono ampiamente aperte, sono denominate vallate, e quando sono strette, diconsi ruscelli.

« Le vallate sono frequentemente larghe, e dell'ampiezza di parecchie miglia in certi punti; esse hanno le pareti quasi a picco, e della profondità talvolta di un miglio od anche di più. I ruscelli sono stretti crepacci, spesso tanto stretti che i loro fondi non possono essere veduti; essi frequentemente si suddividono, ed in qualche esempio si continuano come crepacci suddivisi per un centinaio di miglia od anche più. (Un catalogo di tutti questi ruscelli, compresi

quelli più tenui, fornirebbe probabilmente molte migliaia d'esempi). È degno d'osservazione il fatto che nel caso dei ruscelli ed in gran parte eziandio delle valli, i due lati di una fessura si corrispondono in tal modo che, se fossero accostati, le crepe si chiuderebbero. Questo indica che esse sono essenzialmente crepe che sono state aperte dalla separazione delle loro pareti ».

Il Prof. Shaler in un estimo delle altezze dei muri esterni e di altre elevazioni sulla Luna, tende a ritenere che tra le più alte e le più basse punte sulla Luna vi possa essere una differenza che va dai trenta a quaranta mila piedi (da metri 10.000 a 13.000). La differenza sulla Terra dalle più profonde parti degli oceani alle vette delle più eccelse montagne sta probabilmente tra i cinquantacinque ed i sessanta mila piedi (tra m. 16.500 e 18.000).

Quindi, ancorchè sianvi l'erosione e la sedimentazione che diminuiscano la differenza tra il fondo del mare e l'altezza della montagna sulla Terra, questo pianeta ha una serie molto più lata di elevazioni che non il suo satellite (1).

Se le forze che hanno costrutto le montagne ed i continenti della Terra avessero operato senza l'azione erosiva dell'acqua, la differenza di altezza sarebbe adesso parecchie volte più grande di quanto essa sia sulla Luna.

La Luna e la Terra nei loro primitivi stadî probabilmente seguirono la stessa serie di cambiamenti. L'epoca a cui la Terra si scostò nell'evoluzione dagli stadî di sviluppo esibiti sulla Luna, fu quella in cui l'acqua divenne una forza modellatrice.

(1) Questo è vero soltanto in senso assoluto. Le elevazioni della Terra stanno al diametro di essa come 1/711; mentre quella della Luna stanno al rispettivo diametro come 1/268. — (*N. d. T.*).

Azione vulcanica della Luna.

Quando tutte le spiegazioni delle caratteristiche della faccia della Luna sono state esaminate, noi dobbiamo ritornare per illustrarle ai semplici esempi della fusione di materiali noti a noi stessi, tali come il ferro, o la cera, o la lava. Noi dobbiamo sempre far fronte alla difficoltà preliminare che il raffreddamento di sfere celesti, possa anche non obbedire alle stesse leggi di raffreddamento, oppure non esibire gli stessi fenomeni.

Ma noi dobbiamo (e noi possiamo) presumere che per un tempo assai lungo, dopo che una sfera celeste sia entrata nel suo stato liquido, debba procedere una separazione dei suoi vari materiali, ai loro vari punti di ebollizione. Noi possiamo inoltre presumere che quest'ebollizione mista di materiali stia verosimilmente per dare origine a configurazioni simili ad un vulcano oppure a crateri. Il sig. J. A. Brashear, che fece alcune esperienze, riferite dal prof. Pickering (1), ha trovato che se una massa di scoria di ferro del diametro di circa 4 piedi (m. 1,20) e del peso di circa 800 libbre (circa Kg. 360) fosse lasciata raffreddare, essa pressochè sempre formerebbe un cratere naturale di circa pollici 3 e 1|2 di diametro (cm. 9). Il cratere appare solamente sulla sua superficie dopochè questa siasi solidificata. Il processo di contrazione, aiutato dai gaz rinchiusi, fa sì che l'interno liquido abbruci attraverso alla crosta e riversandosi sulla superficie abbia a costrurre le mura perimetrali di un cratere. Allora il liquido si abbassa, lasciando in alcuni casi dei terrazzi. Il piano di poi si solidifica, qualche volta di nuovo aprendosi per tutto il suo spessore per formare pic-

(1) «The Moon», dal Prof. W. H. Pickering, pag. 31 (Murray), 1903.

coli crateri e talvolta dei crepacci. Nel frantumare la massa di scoria si rinvengono abitualmente sotto ai crateri delle vaste cavità.

L'intiero esperimento è così illustrativo ed esso così nettamente riproduce alcune delle operazioni, che noi ci immaginiamo abbiano avuto luogo sulla superficie di una sfera che si raffredda, che noi cominciamo coll'avere in sospetto la plausibilità della spiegazione che esso ci offre. Il prof. W. H. Pickering tentò simili esperimenti con paraffina e mediante un'ingegnosa sistemazione assorbente si sforzò di riprodurre quanto egli immaginava essere gli effetti delle maree terrestri sulla Luna. Con tali mezzi egli ottenne pure alcune ripetizioni che presentano l'attrattiva della plausibilità, di crateri lunari e di altre formazioni lunari (1).

In quest'illustrazione possono tuttavia scorgersi facilmente una o due falle. In primo luogo, come noi abbiamo di già indicato, noi dobbiamo procedere molto cautamente in alcune analogie che si fondano, come sovra una causa prima, sull'impulso di marea della Terra. L'impulso di marea tenderebbe a deformare la crosta della Luna piuttosto che ad estrarre fuori la lava interna attraverso a quella; e noi possiamo aver maggior fiducia nel supporre che quest'impulso di marea

---

(1) Chiunque si interessi dell'argomento, può tentare da sè l'esperienza del sig. Gustave Hanet. Il sig. Hanet riscalda della cera in un recipiente di rame e quando la cera comincia a rammollirsi prontamente immerge in essa e ne la ritrae una verga metallica inumidita con acqua. Il buco si rinchiude e la cera vien di nuovo riscaldata dal disotto. Formasi allora un tumore sulla superficie della cera — la lava va ribollendo dal sotto all'insù — la protuberanza aumenta, e quindi scoppia. Un getto di vapore sfugge ed il rigonfiamento si abbassa nella forma di una cresta con pareti verticali. Mediante quest'azione del vapore rinchiuso la massa è stata diminuita di pressione per un certo tempo, ma dopo un breve intervallo una serie consimile di fenomeni sarà ripetuta.

fosse semplicemente di ajuto all'azione vulcanica nel formare, o nell'ajutare a formare, dei crepacci nella crosta. Un vulcano è primitivamente una crepa nella crosta di un pianeta. La crosta della Luna deve essere stata una volta molto sottile, e l'interno ribollente deve averla spezzata intieramente con facilità.

Una seconda falla nell'analogia è la natura dell'ebollizione o gorgogliamento. Deve di nuovo essere ripetuto che l'attrazione di gravità della Luna stessa sui proprii suoi materiali è relativamente piccola, e questo influenzerebbe altrettanto la sfuggita dei gaz quanto i movimenti dei liquidi ribollenti sulla sua superficie e nell'interno suo.

La Terra, noi ne siamo affatto certi, non si raffreddò sino ad un grado approssimantesi ad una temperatura uniforme da un'estremità all'altra ed in ogni punto prima che fosse formata una crosta su di essa. Ma nella massa più leggera della Luna, egli è possibile che l'ebollizione ed il gorgogliamento abbiano continuato per tanto tempo che, quando sono cessati, la totalità del nostro satellite fosse ad una temperatura non molto al disopra del calore della sua lava, per modo che l'ulteriore raffreddamento fosse uniforme.

Vi sono delle obbiezioni a questa teoria, ma sembra probabile che l'intiera massa della Luna sia divenuta solidificata pressochè nello stesso tempo e ad una medesima temperatura.

Crateri della Terra paragonati con quelli della Luna.

Sulla Terra non vi sono crateri paragonabili per dimensioni ai grandi ed antichi crateri della Luna. Questi crateri furono probabilmente formati nella giovinezza della Luna, in un'epoca in cui la crosta era diventata solida, ma era sottilissima, ed andava continuamente screpolandosi ed aprendosi. Se mai vi furono dei cra-

teri sulla Terra formati durante la sua storia primitiva in condizioni consimili, essi sono stati obliterati da avvenimenti consecutivi, poichè tutti i crateri attualmente esistenti, oppure che possono essere rintracciati, sono del tipo esplosivo, e del tipo che forma un cono di dejezioni.

I crateri di lava, in cui rinviensi la lava in massi non rotti, sono rari: sebbene ve ne sia un bellissimo esempio nelle isole Hawayane in Halealka, nell'isola di Maui, che ha l'ampiezza di circa sette miglia di lunghezza per due di larghezza. Esso è profondo 2000 piedi all'incirca (1). Vi è pure un cratere estinto d'inabissamento, adesso ripieno d'acqua, e noto col nome di Lago del Cratere, nell'Oregon, che ha un'area di trenta miglia quadrate (78 Km. q.) ed ha la profondità di 3000 piedi (900 m.).

Queste dimensioni sono esigue al paragone di quelle di Clavius nella Luna, che misura 843 miglia (Km. 229 circa) di diametro, ed ha profondità di due miglia e mezzo (Km. 4); oppure in confronto di quelle di Shickard, 134 miglia di diametro (Km. 214,4). Ma in Haway la formazione di questi crateri ed anelli di lava può essere osservata, ed apparentemente essi formano una buona guida per la formazione di anelli consimili sulla Luna. Noi citiamo alcuni passaggi dell'opera del prof. W. H. Pickering. « Caratteristiche fisiche Lunari ed Hawayane paragonate tra di loro » (2) per illustrare il processo di formazione dell'anello di un cratere:

« Halemaumau, tale è il nome dell'abisso, è il centro dell'attività vulcanica in Kilauea. Quando il baratro di Halemaumau è svuotato ciò avviene sempre

---

(1) Il cratere suddetto è lungo all'incirca Km. 11,2 e largo circa 3,2. La profondità giunge a m. 700 circa. (*Nota del Traduttore*).

(2) « Memoirs of the American Academy », Vol. XII, April 1906.

attraverso a qualche passaggio sotterraneo, eventualmente raggiungente la superficie. Le eruzioni sono di quando in quando accompagnate da leggere scosse di terremoto. Quando il « baratro » è veramente attivo si producono dei laghi di lava liquida tanto dentro, quanto al di fuori di esso. Numerose fontane di fuoco, di cinquanta piedi di altezza, scaturiscono dalla superficie di quei laghi. Alle volte la superficie si solidifica, ad allora subitamente un crepaccio si apre rapidamente propagandosi attraverso a quella, ed in pochi minuti la totalità del materiale solido si romperà in frammenti separati a mo' di fette, che ben presto si rovescieranno rotolando sovra un margine ed affonderanno al di sotto della superficie del lago. Questa di nuovo si solidifica ed il processo si ripete. (Questi laghi formano l'analogia su cui noi fondiamo la costruzione teoretica degli anelli di crateri lunari).

« Al 2 di aprile 1868, un forte terremoto scrollò la costa del sud di Haway, e per i seguenti cinque giorni una scarica sotterranea di lava ebbe luogo da Kilauea. Quale risultato di questa scarica l'area centrale a Nord-Est di Halemaumau si affondò di circa 300 piedi (90 m.) strascinandosi giù tutta la vegetazione che ancora germogliava sulla sua superficie. La lava fluì pure fuori di Halemaumau lasciando un pozzo circolare di 3000 piedi (900 m.) di diametro alla sommità, e di 1500 (450 m.) al fondo, e profondo 500 piedi (150 m.).

« Un anno dopo l'Halemaumau si era riempito sino a circa 100 piedi dalla sommità (30 m.); il piano orizzontale entro di esso mostrava otto piccole aperture, entro le quali la lava liquida poteva essere veduta ribollente furiosamente.

Pochi mesi più tardi la lava era al disotto dell'orlo di 25 piedi (m. 7,5 circa) ed il diametro del pozzo si era ingrandito sino a più d'un miglio (1600 m.).

« Nell'anno di poi il pozzo straripò, riversandosi all'infuori la lava e, scorrendo essa all'ingiù, riempiva parzialmente la depressione a nord-est. Al tempo di un'eruzione come questa, la lava s'innalza, trabocca e si raffredda, formando allora un orlo rialzato od un argine circolare. Non altrimenti si presume sia stato il metodo di formazione dei margini dei crateri della Luna.

« L'altezza esterna degli anelli del cratere di Halemaumau ben di rado eccede dai 15 ai 25 piedi (cioè dai 5 agli 8 metri). L'altezza interna varia costantemente col livello fluttuante della superficie del lago di lava. Quando l'altezza esterna diventa troppo grande per resistere alla pressione interna, l'orlo se ne va, la lava erompe fuori ed innonda le regioni circostanti. Per mezzo di questo successivo innalzarsi e straripare, l'intiera regione attorno ad Halemaumau fu rialzata finchè gli argini divennero troppo alti e troppo spessi perchè lo straripamento potesse sfuggire al disopra od attraverso a quelli (oppure la corrente potesse essere stata innalzata mediante una pressione) ». Noi non abbiamo bisogno di ricercare tutte le analogie mediante le quali il Prof. Pickering s'ingegna di spiegare la formazione di crateri lunari e di vulcani di varie sorta; basterà dire che egli accampa degli argomenti validi per supporre che i resti visibili dell'azione vulcanica sulla Luna indichino che quell'azione era il più delle volte come una sorta di lenta ebollizione. Ad ogni modo i grandi crateri non sono le reliquie di grandi vulcani esplosivi. Noi possiamo quindi arguire che dei processi consimili abbiano avuto luogo sulla terra in un certo periodo. La ragione per la quale sono così numerosi gli anelli di crateri sulla Luna, e sono così rari sulla Terra, si è che quelli terrestri non sono generalmente permanenti, un risultato dovuto in parte a differenze di materiali, ed in parte all'azione di

gravità sul materiale, altrettanto quanto agli effetti di epoche di erosione.

Contributi meteoritici alla Luna.

Vi è un'altra caratteristica cospicua della superficie della Luna che dà campo ad ingegnose speculazioni sulle possibilità di accrescimento di un pianeta mediante addizioni all'esterno. Un grandissimo numero di corpi meteoritici di dimensioni variabili cade sulla Terra durante il corso dell'anno. È stato stimato che qualche centinaia di migliaia di essi cozzi sull'atmosfera terrestre quotidianamente, sebbene pressochè tutti siano così piccoli che essi sono bruciati per la frizione e siano aggiunti al pianeta soltanto sotto forma di polvere che scende colla pioggia, o sotto forma di gaz aggregati all'aria.

È stato supposto che un gran numero di cotesti meteoriti siano puramente dei contributi di ritorno che i grandi vulcani estinti della giovinezza del pianeta hanno lanciato violentemente al di là dell'immediata sfera d'attrazione di gravità nello spazio, e che noi di continuo andiamo raccattando nella nostra passeggiata all'ingiro nel sistema solare.

Ma nessuna teoria della primitiva solidificazione di parti del sistema solare nei pianeti può trascurare la estrema probabilità che ciascun pianeta debba aver aggiunto qualche cosa al volume suo mediante l'addizione di corpi minori e di corpi meno stabili nelle orbite loro di quanto sia il pianeta stesso. Quindi se per milioni di anni il pianeta andò accumulando semplicemente polvere cosmica, ancora parecchi milioni di particelle di non più di un millimetro di diametro, nel corso del tempo, avrebbero fatto un'aggiunta considerevole al volume del pianeta.

Noi siamo tuttavia autorizzati di presumere che qualcuno dei meteoriti che è pervenuto alla Terra è stato

di dimensioni molto più grandi. Secondo il Prof. Berwerth, di Vienna, il numero dei meteoriti di dimensioni notevoli che cade sulla terra in ciascun anno è di circa novecento.

Rispetto alle dimensioni dei meteoriti che sono caduti durante l'epoca geologica recente, noi possiamo citare il gigantesco meteorite di ferro di Cape York, scoperto dal Cap. Peary e che pesa 37 tonnellate e 1|2; quello di ferro di Williamette, trovato giacente in una foresta delle più antiche età, e che pesa 15 tonnellate; e quello di ferro di Bacubirito, che pesa secondo un rozzo estimo 20 tonnellate. Vi è una regione dove un meteorite o più meteoriti sono caduti, la quale sembra indicare che vi è stato l'urto di un corpo molto più grande di quanto non sia ciascuno di quelli.

Cratere di Canyon Diablo.

Non lungi da Canyon Diablo (1) nell'Arizona, vi è una ragguardevole depressione a forma di cratere. Essa è situata in una regione dove non vi sono altri segni di vulcani e neppure qualsiasi altra possibilità di supporvi l'origine di un'azione vulcanica. Il cratere, di circa tre quarti di miglia (Km. 1,2) di diametro e di 500 piedi di profondità (150 m.) giace in una regione di roccie trasportate ivi dalle acque e di poi non più disturbate. Come esso è veduto dalla ferrovia e da altri punti entro la cerchia di poche miglia all'intorno, l'orlo del cratere s'innalza al disopra del livello della pianura sotto forma di una collina bassa con bizzarre particolarità di contorni e di configurazioni della superficie che di botto attirano lo sguardo. Nell'approssimarsi più vicino ad essa la collina si manifesta come una bassa

(1) Per ulteriori ragguagli su tal contrada, vedi l'articolo di G. D. Merrill « Smithsonian Miscellaneous Collections », Vol. L, 1908.

cresta od un orlo, circolari, attorno ad una cavità. La cresta o l'orlo del cratere è di un'altezza media di circa 140 piedi (m. 42) sopra il piano circostante ed il suo diametro è di 3900 piedi (m. 1200). Il livello del piano interno del cratere è approssimativamente circa 600 piedi (m. 180) al disotto della cresta dell'orlo circostante. Veramente il cratere nel suo complesso non è dissimile da qualcuno dei minori fra i crateri della luna, sebbene esso sia di per sè stesso più piccolo che ognuno di quelli che noi possiamo discernere sulla Luna.

La sua costituzione ed i suoi dintorni, tuttavia, scartano l'ipotesi di formazione vulcanica oppure simile a lava. L'orlo del cratere è composto nel suo esterno di frammenti slegati di materiali, per lo più angolosi e senza dubbio derivati dall'interno d'arenaria del cratere. Questi frammenti formano una serie svariata dalle più minute bricciole polverizzate della roccia sino a massi di arenaria del peso di centinaia e persino di migliaia di tonnellate.

Alcuni dei blocchi più grandi sono di duro calcare che l'azione atmosferica non altera altrettanto rapidamente o così facilmente come fa coll'arenaria.

Forse la caratteristica la più significante di questi frammenti dispersi, che sono sparpagliati all'ingiro in quantità gradatamente scemanti a distanze tanto grandi come un miglio dall'orlo del cratere, si è il trovarsi fra quelli delle enormi masse di arenaria che sono state parzialmente cristallizzate per via dello schiacciamento e del calore. Le mura interne del cratere consistono principalmente di pietra calcare stratificata ed in minor quantità di arenaria, entrambe le quali pietre sono state schiacciate e sfracellate ad un grado straordinario. Queste mura sono a picco, spesso strapiombano, e sono tanto franose da renderne perigliosa l'esplorazione. Al di là della scogliera sfrangiata di ma-

teriali rocciosi il piano del cratere presenta una pianura pressochè di livello, di circa 300 acri di estensione (120 ettari circa). Basta uno sguardo solo per vedere che la sua profondità, ora di 440 piedi (130 metri) al disotto della superficie della circostante regione esterna, era una volta considerevolmente maggiore e che essa è stata riempita da roccie cadute, e da sabbia accumulata per il vento.

Tempo addietro, nel 1896, è stato supposto che la depressione simile ad un cratere, la quale contemplata da un pallone rassomiglierebbe alla breccia fatta da un proiettile sovra una lastra d'acciaio, fosse stata causata dall'urto di un frammento meteoritico di grande dimensione.

L'intero vicinato è cosparso di materiali meteoritici, di cui degli esemplari possono essere veduti nel Museo di Storia Naturale in Cromwell Road (1), e di cui altri campioni divennero famosi perchè essi contenevano minuti frammenti di diamanti. Il numero preciso di masse di ferro meteoritico che il distretto ha dato non potrà mai essere valutato perchè per un certo numero di anni si è fatto di essi localmente commercio. Ma venti tonnellate di materiali, e parecchie migliaia di campioni, che variano dal blocco di mille libbre (454 Kg.) che è adesso nel museo di Chicago, ad altri minori, sarebbe un estimo modesto.

Pressochè tutti questi ferri meteoritici giacciono al di fuori del cratere, entro la superficie del terreno, a distanze pari a parecchie miglia da esso. Un esame del fondo del cratere per mezzo di perforazioni che discendono fino a 1100 piedi (330 metri) ha rivelata l'esistenza di una serie di strati di formazione del letto di un lago, tutti più o meno metamorfizzati dal calore e dalla pressione. Al disotto di 800 piedi (m. 240) le perforazioni

(1) In Londra.

rinvennero dalla pietra arenaria gialla e rossa, relativamente tenera e non trasmutata dal calore. (Questo sembra essere definitivamente una prova contraria ad un'origine vulcanica per il cratere). Le perforazioni al disotto di 180 piedi e più abbasso sino ai 600 piedi (da 54 m. a 180 m.) di continuo incontrano esemplari di materiali meteoritici metallici.

Per quanto riguarda la forma del cratere essa può ugualmente essere stata cagionata da un'esplosione vulcanica come dall'urto di una grande pietra meteoritica. Ma l'arenaria alla profondità di 800 piedi (240 m.) è un colpo decisivo contro la teoria vulcanica, mentre gli strati superiori, al disotto delle pianure del cratere, dimostrano la presenza di diatomee e di molluschi di acqua dolce, ed indicano che il fondo del cratere era una volta occupato da un lago poco profondo, il quale accumulò dei depositi di calcare e di gesso durante dei periodi di siccità. La difficoltà principale nell'accettare l'ipotesi meteoritica consiste nell'ignoranza nostra della profondità a cui un meteorite penetrerebbe nel cadere.

Il calcolo che è stato fatto dal sig. Merrill delle circostanze che accompagnarono la formazione del cratere può soltanto avere un valore speculativo.

Egli ha immaginato che il cratere potesse esser stato formato dall'urto di una massa di ferro meteoritico, forse di 500 piedi di diametro (m. 150 circa), che fosse caduta sulla terra con una velocità di 5 miglia al secondo (Km. 8 al 1″).

Mediante paragone con le breccie fatte da proiettili di acciaio sopra una piastra di corazzatura, la breccia per tal modo formata sarebbe da otto a dieci volte il diametro del proiettile, vale a dire che il cratere sarebbe circa di quattromila piedi di diametro (1250 m.). Com'esso penetrasse nella terra, le roccie direttamente sul suo percorso e tutto all'intorno di quello diverreb-

bero d'una straordinaria compattezza. Il calore generato liqueferebbe alcune di esse al punto di convertirle in gas; e se vi fosse presente dell'acqua cambierebbe in pomice parte dell'arenaria.

Vi era la presenza dell'acqua, come altre caratteristiche dimostrano, ed essa sarebbe stata convertita repentinamente in vapore ad un altissimo potere esplosivo. Il risultato sarebbe stato che ammassi di frantumi persino dello stesso meteorite, sarebbero stati lanciati lontano ed al largo; e sarebbesi formato un qualche cosa di simile ad un temporaneo vulcano.

I Mari della Luna.

Il Prof. Shaler si è ingegnato di dimostrare che in certe caratteristiche della Luna — i *maria*, o i cosidetti mari lunari — noi vediamo le vestigia di simili commozioni sovra una scala molto più estesa. Una gran parte della Luna è occupata da aree estese, irregolari, indistintamente circolari, che sono relativamente orizzontali e con un contorno più oscuro che non altri campi più scabri.

Si trovano su di esse dei piccoli crateri, ma sono poco numerosi.

Le pianure della Luna sono apparentemente più prossime a piani orizzontali di quanto nol siano delle aree di territori ugualmente estesi sulla Terra. Se queste pianure sono formate di lava esse sembrano aver inondato sorpassando i limiti loro di terreni più scabri, oppure giungendo solamente contro i limiti stessi, e di aver sommerso alcune delle più antiche formazioni che le limitavano. Il Prof. Shaler indica che non vi è nessun motivo per credere che questi laghi di lava venissero da una canna centrale o da una fessura; e che non vi è declivio tale, come noi potremmo aspettarci, dal centro del campo al suo margine. Sulla Luna noi dovremmo aspettarci che

questo pendio fosse erto per cagionare l'inondazione, poichè la forza di gravità è piccola; ma non sembra che così sia realmente. Le pianure sono orizzontali.

Il Prof. Shaler, quindi, è inclinato ad adottare l'ipotesi che i *maria* siano il risultato di larghe masse che sian cadute sopra la superficie della Luna.

« Tutti i fatti indicano che questi vasti fogli di lava non sono venuti dall'interno, e che l'interno a quel tempo, in cui essi furono formati, non era in una condizione tale da produrre delle simili masse di roccie liquide...

« Presumendo che una massa di roccia, od un meteorite di qualche miglia di diametro, fosse giunta sulla superficie della Luna ad una velocità di qualche miglio al secondo, il calore sviluppato dall'arresto del suo moto avrebbe convertita la totalità del corpo in uno stato liquido, se non pure in uno stato gazoso. Un simile risultato sarebbe avvenuto nella parte della sfera che riceveva l'urto. Sembra pur giusto il supporre che una grande collisione di questa natura formerebbe temporaneamente un'atmosfera riscaldata che avvilupperebbe la Luna e gioverebbe a ritardare il raffreddamento della roccia fusa finchè essa potesse aver tempo di trovare il suo equilibrio.....»

Inoltre queste pianure di lava sembrano essere sempre state il risultato di un'inondazione sola. Non vi sono segni di inondazioni successive, tali come quelle che sono sempre state caratterische per le pianure di lava molto più piccole formatesi sulla Terra.

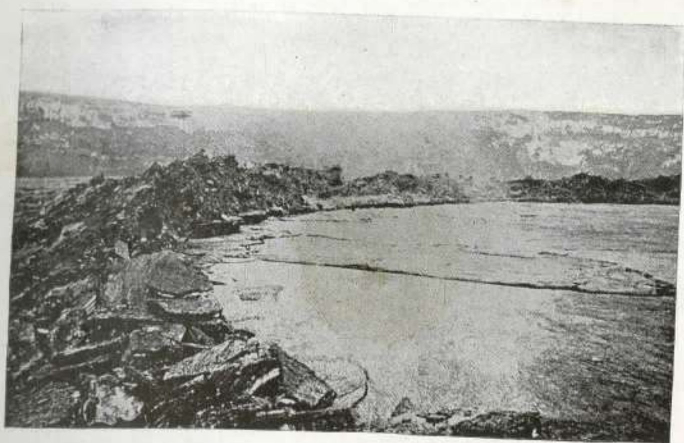
Il Prof. Pickering ha fatta la duplice supposizione che appunto come in un pezzo di scoria raffreddantesi vi sono delle cavità al disotto o vicino alle eruzioni della superficie; ed appunto come vi sono probabilmente delle cavità sotterranee sotto alle buche di lava di Haway, così si troverebbero delle grandi cavità sotto le aree di grande attività vulcanica nella Luna. Tali cavità in molti casi si riunirebbero e coprirebbero

quindi delle aree considerevoli lasciando grandi spazi vuoti tra la crosta più esterna e la materia calda dell'interno della Luna. Se i tramezzi di separazione tra alcune di coteste cavità si ritirassero, delle larghe aree della crosta esterna potrebbero essere precipitate sulla massa sottostante parzialmente liquida.

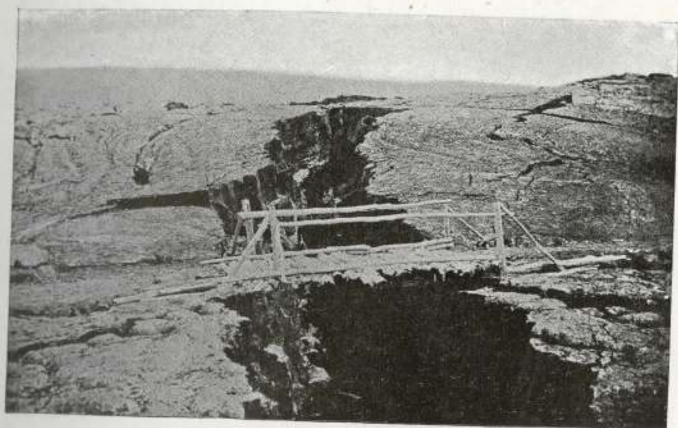
Questi grandi frammenti di crosta o lastroni affonderebbero e si liqueferebbero, ed una nuova superficie lunare sarebbe formata al posto loro. Non è di grande importanza sia che questo deposito fosse graduale, o sia che fosse cataclismico. Un argomento in favore di questa opinione circa l'origine dei *maria*, si è che il livello loro è più basso, per la parte maggiore di essi, di quello delle regioni circostanti ad essi. La teoria non spiega, tuttavia, il colore dei *maria*, che è più scuro di quello di ogni altra superficie della Luna. Inoltre essa non spiega la distribuzione dei *maria*; e laddove noi ci aspetteremmo di poter tracciare alcuni gradi di evoluzione tra i maggiori crateri e le formazioni di lava che, secondo la teoria, sono la conseguenza del loro erompere, noi troviamo al contrario che in pressochè ciascuna caratteristica essi sono nettamente discernibili tra di loro.

Al tempo stesso alcune obbiezioni hanno da essere prese in considerazione circa la teoria meteoritica delle origini dei *maria*. Di queste la prima è derivata dal fatto che dei corpi capaci di produrre tali effetti non sono caduti sulla Terra nel tempo che è trascorso dacchè gli strati geologici furono depositati. Infatti, la storia geologica non ci dà motivo di supporre che tali corpi sieno mai caduti sul nostro pianeta. Contro di ciò noi possiamo opporre la considerazione che la faccia della Luna probabilmente era congelata molto tempo prima che avessero principio i ricordi geologici sulla Terra.

Devesi pure considerare il fatto che persino in



Lago di lava in Kilauea



Fessura vulcanica in Kilauea, che suggerisce una rassomiglianza a canali Marziani ed a ruscelli lunari

(Dall'opera del Prof. W. H. Pickering « Caratteristiche lunari e Caratteristiche fisiche Havajane »)

quest'ultimo grado nell'evoluzione del nostro sistema solare vi rimangono dei corpi sufficientemente grandi per produrre gli effetti notati, se essi sono caduti sulla Terra o sulla Luna.

Il gruppo degli asteroidi che è interposto tra Marte e Giove, sebbene la massima parte di quelli sia di una massa di molto superiore a quanta ne sarebbe richiesta per produrre questi effetti, probabilmente contiene dei corpi più piccoli che produrrebbero un tale fenomeno.

Il planetoide Eros, che è una delle più recenti acquisizioni alle conoscenze astronomiche, trovasi ad una distanza non grande dalla Terra ; ed è probabile che nei primi anni del sistema solare queste masse staccate di materia fossero più abbondanti di quanto ora non siano. Una massa della dimensione del pianeta Eros venendo in collisione colla Terra produrrebbe una temperatura sufficientemente elevata per far raggrinzire tutta la vita organica sulla Terra. La vita dovrebbe ricominciare un'altra volta. Le memorie geologiche nulla contengono che ci inducano a supporre che questo sia avvenuto, sebbene, evidentemente, se tale catastrofe fosse avvenuta abbastanza lungo tempo addietro, le epoche susseguenti nell'evoluzione del mondo avrebbero mascherato l'avvenimento rendendo impossibile il rintracciarlo.

Forse il meteorite, che ha prodotto il cratere di Canyon Diablo, se pur fu un meteorite a cagionarlo, ha fornito una dimostrazione di un consimile cataclisma sopra una scala ridotta, e fu l'origine dello stato di deserto nelle regioni circonvicine.

CAPITOLO IV.

Analogie planetarie.

Atmosfere di Pianeti - Giove e Saturno - Mercurio e Venere - Marte - Canali di Marte e loro significati - Marte e la Terra.

Buona parte delle condizioni fisiche della Luna è da noi conosciuta, ed anche quando le speculazioni circa la sua origine sono dei tentativi, essa rimane la sola sfera oltre la nostra propria, sulla quale noi possiamo fondare qualche valida conclusione concernente l'evoluzione planetaria. Nettuno ed Urano ci danno a mala pena qualche informazione mediante l'uso della lastra fotografica, all'infuori del metterci in grado di fare misurazioni delle loro posizioni.

L'analisi della luce solare riflessa da essi fornisce qualche dato sulle atmosfere loro; ma gli spettroscopisti non sono d'accordo circa le deduzioni che devono essere tratte dalle osservazioni loro. Nondimeno essi forniscono chiara prova dell'esistenza di un'atmosfera in Urano, e probabilmente dell'idrogeno libero e forse anche del vapore d'acqua possono esistervi. La fotografia non s'è mostrata sino ad ora un mezzo efficace di ricerche verso questi pianeti distanti; e persino ove si tratti di Saturno e di Giove le migliori riproduzioni sono quelle che sono state designate dietro l'osservazione visiva. Le migliori fotografie esistenti di Giove sono quelle che sono state prese dal Professor Hale all'Osservatorio di Mount Wilson. Esse tuttavia fanno

vedere poco di più che le faccie le quali circondano il pianeta e rivelano poco o nulla dei suoi altri caratteristici aspetti (1).

Saturno con i suoi anelli, e colle sue nove lune, delle quali l'ultima scoperta, Febea, gira attorno al pianeta in una direzione opposta a quella solita nel sistema solare, presenta parecchi problemi della meccanica celeste ; ma nulla ci è noto della sua istoria che sia pertinente allo studio dello sviluppo di un pianeta. Gli anelli che lo circondano costituivano uno dei fenomeni celesti che una volta erano supposti favorire la teoria di Laplace che masse liquefatte roteanti si appiattivano fintantochè esse giungevano ad un punto di equilibrio instabile ed allora si toglievano di dosso degli anelli per sollievo allo scopo di costituire un rapporto stabile tra la loro massa contraentesi e la loro velocità di rotazione.

Lowell (2) ha recentemente richiamata l'attenzione di nuovo alle bolle sugli anelli, le quali, come hanno pensato Struve e Proctor, sono punti di collisione dei frammenti di materia che compongono quelli ; e suppose che nel corso delle età queste collisioni debbono cagionare una tale diminuzione di velocità nelle particelle moventisi, che esse cadrebbero sul pianeta. Una tale evenienza potrebbe essere stata uno stadio nella storia di assai più di un pianeta, ma sembra troppo eccezionale per venire considerata in tal modo.

Non è per nessun verso senza pericolo il supporre che non vi sia tendenza a variazione nella storia della materia inorganica o di masse di materia ; e non deve essere temerariamente presunto che, per esempio, dacchè Giove è più caldo della Terra, e la Luna è

(1) « A History of Astronomy », by W. Bryant, pag. 238, (Methuen).

(2) « Scientific American », 10 Dicembre 1907.

più fredda, perciò la Terra sia progredita da uno stadio simile a quello di Giove, e che perverrà in definitiva alla condizione della Luna.

L'evoluzione di un pianeta è determinata per grandissima parte dalle sue dimensioni; e sarebbe molto incerto il presumere che la storia di Giove rassomiglierà a quella della Terra, mentre egli è quasi certo che la storia trascorsa della Luna, durante metà del periodo dell'esistenza sua, ha differito radicalmente da quella della Terra. Egli è oltremodo improbabile che la Luna abbia giammai avuta un'atmosfera di una qualche percettibile quantità, perchè l'attrazione della sua forza di gravitazione non fu giammai sufficiente per neutralizzare le tendenze di fuggirsene verso l'esterno, che caratterizzano le molecole dei gaz atmosferici.

Atmosfere di Pianeti.

Tutte le molecole di gaz sono in movimento rapido; e quanto più è rarefatto un gaz e tanto più è grande la velocità media di queste particelle. La velocità di alcune delle molecole dev'essere considerevolmente più grande che la media, e probabilmente in qualche epoca della sua storia ciascuna molecola raggiunge la più grande velocità di cui essa sia capace. Ora per ciascun orbe planetario vi è una velocità che sarebbe sufficiente per portar via una molecola fuori da quell'orbe; ed è la regola che più è grande l'orbe, e maggiore è la sua attrazione di gravitazione, e maggiore avrebbe da essere la velocità delle molecole per fuggirsene via. Reciprocamente più è piccolo l'orbe, minore è la velocità che dovrebbero avere le molecole fuggenti. La velocità che una molecola di gaz avrebbe da raggiungere per volar via dalla terra sarebbe di 7 miglia al secondo: da Venere 6,2 al secondo: da Mercurio miglia 2,9 al secondo: da Marte miglia 3,2 al se-

condo: e dalla Luna 1,5 miglia al secondo (1). Quindi più è pesante il pianeta e più potrà essere rarefatto il gaz che esso potrà ritenere. Se la Luna avesse potuto trattenere un'atmosfera, non vi è ragione alcuna perchè essa non dovesse aver avuto la storia di una Terra in miniatura.

« Com'è così, appare che sin dal principio sia stato determinato che essa non dovesse condividere l'energia solare che ha destate le attività organiche sulla terra; e non vi è alcun accidente che si possa immaginare il quale possa alterare il suo stato, eccettochè qualche catastrofe che possa far ritornare il sistema solare allo stato di massa nebulosa. Egli è appunto probabile che la nostra Luna veda, tal quale come ora essa si trova, il Sole a spegnersi (2) ».

Giove, sotto osservazioni favorevoli, rivela un pianeta che è apparentemente coperto da un inviluppo gazoso o da strati di nuvole sovrastanti ad esso. I pianeta ha parecchie cospicue e variabili impronte, macchie, e bande o cinture. Il Sig. Stanley Williams ha stabilito delle differenze tra le cinture o bande e zone, le quali scindono le regioni di Giove, per esempio, in zona equatoriale, banda equatoriale del Nord, banda equatoriale del Sud, zona tropicale del Nord, banda temperata del Nord, zona tropicale del Sud, banda temperata del Sud; ed egli ha distinto nove correnti principali in latitudini differenti. Ma queste correnti non viaggiano necessariamente più presto

(1) Tali velocità espresse in Km. sarebbero le seguenti: Dalla Terra Km. 11,2 al secondo; da Venere Km. 9,92; da Mercurio Km. 4,64; da Marte Km. 5,12; e dalla Luna Km. 2,40. Vale a dire che una molecola di gaz per sfuggirsene via persin dalla Luna dovrebbe essere animata da una velocità tripla di quella dei più rapidi proiettili. (*Nota del Traduttore*).

(2) « A Comparison of the Features of the Earth and the Moon », da N. S. Shaler, pag. 75.

quanto più sono prossime all'equatore; ed alcune altre incompatibilità e fenomeni inesplicabili sono presentati dai contrassegni del pianeta. La gran macchia rossa che in varî stadi di intensità si vede di quando in quando tra la corrente equatoriale e la corrente temperata del Sud, è una delle più imbarazzanti caratteristiche del pianeta. Nella sua sezione reale essa è alquante volte più grande della Terra; ma non è possibile di dire se essa è un'isola fluttuante quasi fosse sulla superficie di un pianeta liquido, oppure se essa sia una parte del pianeta che di tanto in tanto sia oscurata. Nelle osservazioni raccolte dal Sig. Williams Stanley (1) egli osserva che sotto le condizioni, colle quali meglio può essere veduto Giove, l'intiera macchia ha mostrata una struttura complicata di particolari delicati. Fu abitualmente pensato che le regioni luminose di Giove rappresentassero la superficie superiore di un inviluppo di nuvole frequentemente illuminato dal sole; mentre i segni scuri fossero dovuti a spaccature entro questo nuvoloso inviluppo che ci permettessero di scorgere la superficie solida e più scura del pianeta. Ma la più recente opinione si è che non vi sia gran differenza d'altitudine tra le superfici delle zone luminose e di quelle scure, come noi le vediamo. Si è pur congetturato che le grandi correnti di materia di Giove, di qualunque carattere sia la materia, fluiscano fianco a fianco, a velocità differenti, e che è possibile che il materiale di una corrente irrompa accidentalmente in un'altra.

Ma questo indipendentemente dai particolari, ed indipendentemente dalla speculazione, è il solo materiale che Giove ci fornisca per lo studio dello sviluppo

(1) « Zenographical Fragments », vol. II, « The Motions and Changes in the Markings on Jupiter, » di Mr. Stanley Williams (1909).

di un pianeta. Il massimo che noi possiamo speculativamente dedurre dalla sua apparenza si è che, ad uno stadio molto più freddo che quello del Sole, una sfera rotante comincia a differenziare i suoi materiali ed a dispiegare una più tarda periodicità in ciò che noi possiam denominare impurità o maculosità. Questi termini sono proposti per designare l'apparenza dei fenomeni che rassomigliano alle macchie che appaiono di tanto in tanto sulla superficie del Sole.

Marte.

Le cognizioni intorno a Mercurio ed a Venere (1), dovute all'osservazione, sono persino più scarse di quelle circa Giove o Saturno. Marte solo rimane come

(1) Il Prof. Lowell crede che l'atmosfera di Venere è senza nuvole ed egli ha fatto dei diagrammi dei contrassegni che su di essa esistono. Il defunto Mr. R. A. Proctor ha dichiarato che Venere è circondata da un viluppo di nuvole (forse nuvole di neve) e da osservazioni fatte durante il passaggio di essa sul Sole dedusse che essa avesse delle altissime montagne. Il Prof. Pickering la considera come ricoperta da un oceano e da nuvole. Di tutti cotesti osservatori il più positivo è Lowell. Egli scrive: « Nel 1903 io ho osservato Venere dal 18 Febbraio al 26 Luglio. Per causa della difficoltà del soggetto e della possibilità di una illusione psichica io posi una cura speciale nel mio scrutare le impronte presentate dal disco. » Nei di lui diagrammi illustrativi due linee simili a V rivolte di fianco sembrano irradiate attraverso il disco di Venere, e vi è ciò che egli denomina un « collare » attorno il Polo Nord. Egli aggiunge che si possono vedere linee in Mercurio. « Le sue linee, più difficili che i canali di Marte — perchè noi vediamo Mercurio, quando esso trovasi nella sua miglior posizione, quattro volte più lungi da noi di quanto sia Marte — sebbene rozzamente lineari non sono innaturali in apparenza persino a quella gran distanza, e dimostrano delle irregolarità che fanno supporre dei crepacci. Anche nelle impronte su Venere, non vi è nulla di non naturale. » « Mars as the Abode of Life », pag. 178, 182, 193 (1908); « The Planet Venus », una conferenza all'Università di Clark, da Percival Lowell, « Popular Science Monthly », Dic. 1909, pag. 521-531.

un pianeta che può metterci in grado di proseguire lo studio di un'evoluzione simile a quella della Terra; e durante gli ultimi trent'anni esso è stato come l'arena, anzi quasi campo di battaglia, di discussioni senza termine. Marte è una sfera che ha un diametro solamente pari a metà di quello della Terra, una densità soltanto i tre quarti di quella della Terra, ed una massa non maggiore di un nono di quella dell'orbe nostro. Qualunque gaz, le cui molecole fossero moventisi ad una velocità media di poco più di tre miglia (1) al secondo, lascierebbe il pianeta o prima o poi; e quindi, per considerazioni teoretiche, il viluppo atmosferico di Marte dovrebb'essere tenuissimo. Esso difficilmente dovrebb'essere di più di un settimo della densità di quella della Terra. La più forte prova evidente di conferma in appoggio di questa ipotesi si è che i particolari della superficie di Marte possono essere veduti con molta chiarezza, sebbene di tanto in tanto diventino visibili delle nuvole, o vapori, oppure ciò che il Prof. Lowell ha descritto come nebbia. Anni addietro, nel 1882 Maunder ha provato che l'atmosfera alla superficie di Marte è altrettanto rarefatta quanto sulle sommità delle nostre più alte montagne. Il barometro aneroide su Marte di rado registrerebbe di più che quattro pollici (10 centimetri).

Eccettochè nel tempo d'inverno, o dopo la liquefazione delle nevi polari di Marte, nulla sembra ostacolarci una veduta ininterrotta della superficie Marziana, sia nella zona Artica, sia in quella temperata o tropicale.

Le grandi nuvole che talvolta sono state vedute attraversare la sua superficie, e che indicano una circolazione atmosferica su Marte consimile alle grandi correnti d'aria della Terra, non sono state attribuite a particelle d'acqua ma a polvere. Egli è possibile che

(1) Ossia Km. 5,12.

la nebbiosità, la quale occasionalmente oscura dei particolari della superficie sia dovuta alla formazione di nebbia. Particelle di polvere (o di carbone, come nel fumo non intieramente consumato delle città) agiranno come provocatrici di nebbie. A cagione della debole gravitazione di Marte i movimenti atmosferici devono essere languidi. Un'altra sorta di nebbia percettibile su Marte è ascritta da Lowell alla fusione delle nevi polari. Essa è della massima evidenza sulla frangia dei capi polari. In queste regioni Artiche avvengono nevicate di lunga durata.

Il Prof. W. H. Pickering ha notato nel 1890 due uragani che si esplicarono sopra il cerchio polare, il primo dei quali durò due settimane, ed il secondo dei quali cominciò a volgersi al sereno soltanto dopo 41 giorno. Pickering aggiunge anche un'osservazione che conferma l'impressione che le nuvole delle regioni più temperate non sono nuvole di vapori tali come sono caratteristiche dell'atmosfera della Terra. Il loro colore è sempre di un giallo leggero. È da notarsi che la neve dei capi polari spesso ha una tinta gialliccia.

Canali di Marte e loro significato.

Di tutte le caratteristiche di Marte nessuna ha presentato cotanta opportunità di controversia quanto il cosidetto sistema di « canali ».

La faccia di Marte ha delle aree tanto chiare quanto oscure; ed era una volta creduto che queste fossero mari e terre. Ma non vi sono oceani su Marte; le più delicate indagini spettroscopiche per molto tempo non giungevano a dimostrare che vi fosse del vapore d'acqua nell'atmosfera del pianeta, e la sua esistenza non può neppur adesso ritenersi come provata (1). Le aree

(1) F. W. Very (Lowell Observatory Bulletin, 1909, N. 36) ha riaffermato l'esistenza di vapore d'acqua coll'evidenza spettrosco-

scure possono essere antichi fondi di mari; quelle luminose delle regioni deserte. Tanto i fondi dei mari come i deserti sono attraversati da un certo numero di segni che appaiono essere linee rette. Nel 1877 lo Schiaparelli ha richiamato l'attenzione speciale su quelli, per il primo, e l'astronomo Italiano li denominò « canali » (1) una parola che fu interpretata per intendere *canali* nel senso di canali artificiali.

L'osservazione di questi « canali » è stata continuata da vari astronomi, ma nol fu da nessuno con maggior persistenza quanto da Lowell all'Osservatorio Flagstaff, Arizona, e dai di lui assistenti Mr. Lampland e Mr. Slipher. Mr. E. C. Slipher fece una spedizione nel Sud America durante l'opposizione di Marte nel 1907, per fotografare il pianeta.

Sulle lastre fotografiche i « canali » più larghi sono chiaramente veduti, ed in un esempio le lastre mostrano un paio di « canali » che corrono paralleli l'uno all'altro. Dietro le osservazioni fatte da cotesti e da altri astronomi il numero di «canali» sul pianeta ha raggiunto una cifra considerevole. Il Prof. Lowell parla di essi come innumerevoli per l'esperto osservatore; ma 522 dei più notevoli sono stati elencati (2). Cinquantasei di

---

pica e da il suo valore medio di circa un quarto di quello della Terra.

Il Prof. W. W. Campbell, Direttore dell'Osservatorio Lick, ha riconfermato nel 1909 la sua credenza che non vi fosse evidenza spettroscopica soddisfacente dell'esistenza in Marte, di più vapore d'acqua di quanto ne sia presente sulla Luna (« Science », 26 Marzo, 1909).

Vedere altresì Dr. C. E. Abbot « Smithsonian Miscellaneous Collections Quarterly Issue ». Vol. V, Pt. IV, pag. 506.

(1) Il testo inglese dice : « ...the Italian astronomer called them *channels* » letteralmente, corsi d'acqua, alvei, canali di mare, ecc. mentre la parola *canals*, adoperata poco dopo, serve per indicare soltanto grandi canali artificiali. (*Nota del Traduttore*).

(2) « Mars as the Abode of Life » (1908).

questi sono descritti come « canali raddoppiati ». Una gran proporzione di questi corrono a confluire, in località dapprima dette « laghi », ed ora conosciute come « oasi ». Queste sono apparentemente racchiuse e concentrate in loro stesse. Esse sono piccole, scure e per quanta maggior precisione ci è concessa, rotonde.

L'antecedente ragguaglio dell'apparenza della faccia di Marte porrà in grado chiunque di intendere l'interpretazione di essa che è stata offerta dal Lowell. Egli riguarda queste linee sulla superficie del pianeta come artificiali: ed egli presume che esse sieno fatte collo scopo di trasportare l'acqua da una parte del pianeta ad un'altra. Essi sono, a dirla brevemente, le caratteristiche di un vasto sistema d'irrigazione, che si è moltiplicato in ampiezza e complessità via via che l'acqua del pianeta veniva meno, e che può aver occupato parecchi secoli, od epoche, per la sua costruzione.

La loro funzione presentemente è di trasportare l'acqua derivante dalla fusione delle nevi polari nella stagione di primavera; e per tal modo di render possibile la continuazione della vita vegetativa sul pianeta. Un punto di controversia circa i canali si è la loro invisibilità di tanto in tanto. Essi appariscono e spariscono: e, secondo i critici delle teorie di Lowell, le carte geografiche che sono state fatte di essi di tanto in tanto non sono d'accordo. L'apparizione e la sparizione dei canali, secondo Lowell, deve attribuirsi all'estensione di vegetazione che è richiamata in esistenza con profitto mediante quelli, perchè ciò che gli osservatori vedono non è il canale stesso, ma la frangia dello sviluppo delle piante che esso irriga.

Tale è la teoria, ed essa assegna al pianeta Marte l'esistenza di una razza di esseri intelligenti, i quali o adesso, od a qualche preceedente stadio nella storia loro, hanno posseduto un'abilità d'ingegneria di primissimo ordine. Egli non è necessario

qui di ponderare tutte le evidenze pro e contro la teoria di Lowell di un'attività intelligente sui territori del nostro vicino.

L'argomentazione di Lowell effettivamente presume che nessun segno su Marte possa in realtà possedere una qualche irregolarità di forma o di contorni senza che egli, od i suoi assistenti, abbiano percepito una tale irregolarità in esso. Ma persino dal 1891, cioè molto prima che Lowell cominciasse il suo studio del pianeta, Maunder era venuto a conoscere, dalle sue osservazioni sulle macchie solari ad occhio nudo, che i segni, non importa qualunque forma fosse la loro vera, sotto ad un certo limite di dimensione, potevano solo essere percepiti come linee rette o come intaccature rotonde; corrispondenti cioè ai « canali » ed alle « oasi » di Lowell.

In una memoria pubblicata in « Knowledge » nel 1894, Maunder applicò questo principio all'interpretazione dei segni Marziani, e dieci anni più tardi in una serie d'esperimenti fatti coi ragazzi della scuola dell'Ospedale di Greenwich, egli ha illustrato il modo in cui, sotto date condizioni di ampiezza angolare, i particolari, quantunque irregolari e non simmetrici, si presentano come linee rette geometriche e come macchie circolari.

Quindi i « canali » Marziani, in complesso, rappresentano contrassegni reali sul pianeta, ma l'apparenza loro artificiale, come se essi fossero figure geometriche disegnate colla penna, regolo e compasso, è dovuta semplicemente alle loro piccole dimensioni angolari, che impediscono alle loro reali irregolarità di svelarsi a noi.

La controversia per verità, da questo lato dell'Oceano è ora terminata; un numero sufficiente di « canali » lineari di Lowell sono di già stati mostrati dai più potenti telescopi, o dai più perspicaci osservatori, rivelare

tali irregolarità di forma, dimensioni e direzione, da confutare pienamente la controversia di Lowell che la loro regolarità avesse a provare la loro origine artificiale.

Il Prof. Simon Newcomb ha ulteriormente dimostrato che i canali di già registrati dal Prof. Lowell ci occupano pressochè due terzi dell'intiera superficie del pianeta. Il Prof. W. H. Pickering ha esposto che la credenza la più generalmente accettata tra agli astronomi si è che i canali siano dovuti a fessure volcaniche giacenti tra piccoli crateri sulla superficie di Marte (1). Del vapore d'acqua che sfugge da questi piccoli crateri e fessure nutre la vegetazione che è visibile ai telescopi del mondo.

Quest'ultimo modo di vedere presenta il vantaggio di spiegare pure qualcuno dei « canali » sulla Luna, i quali, veduti col mezzo di un piccolo telescopio, sono molto simili a quelli osservati su Marte. Pickering aggiunge che essi attraversano dei cambiamenti, nel corso del lungo giorno lunare, simili a quelli che sono esibiti dai canali di Marte nel corso dell'anno Marziano, e differiscono da questi ultimi soltanto nel fatto che essi sono su scala molto più piccola. Attraverso ad un grande teloscopio e con condizioni atmosferiche molto buone per l'osservazione, i piccoli crateri e le fessure attorno ai quali sono formati i laghi lunari ed

(1) Veder pure E. M. Antoniadi, « Nature », 5 Gennaio, 1911, pag. 305.

« Al 21 Settembre, 1909, io stabilii che codesti geometrici ragnateli non esistono ('Journal of British Ast. Association,' Vol. XX, pag. 141).

Al 3 gennaio 1910, il Prof. Hale proclama l'apparenza perfettamente naturale del pianeta nel riflettore di Monte Wilson (di 60 pollici = m. 1,50), il quale strumento si è di gran lunga il più perfetto e potentissimo che sia mai stato costrutto, e proclama la totale assenza di linee rette ('Journal Brit. Ast. Association, Vol. XX, pag. 192) ».

i canali possono essere distintamente veduti, e la graduale trasformazione di una fessura in un canale è stata osservata e la ragione di sviluppo è stata misurata (1).

Attraverso ad un piccolo telescopio i canali lunari, come quelli Marziani, appariscono diritti e perfettamente uniformi. Attraverso ad una grande lente, d'altro lato, appariscono irregolarità di contorni e marcate variazioni nella profondità di colore. Consimili canali vegetali piccoli, trovati intorno a crepacci vulcanici terrestri, sono stati fotografati in Haway nella gran pianura che si estende al Sud di Kilauea. La sola vegetazione in questo piano consiste di alberi, bassi cespugli e felci, che si estendono attraverso a quello in lunghe e strette linee rette, seguendo il corso delle fessure emettenti vapore, le cui emanazioni forniscono l'umidità necessaria da cui dipende l'esistenza della vegetazione (2). Può essere obbjettato che questi esempi, a cagione delle piccole dimensioni implicate, non hanno da essere paragonate coi canali Marziani i quali si estendono per centinaia di miglia, e che dimostrano una tale precisione di assestamento che sarebbe una violazione della legge di probabilità di credere che quella precisione sia accidentale. Viene pure sostenuto dal Prof. Lowell e dai di lui assistenti che quelli che hanno osservato i canali per un buon numero di anni sotto tutte le condizioni, e con osservazioni ripetute le migliaia di volte, non sono verosimilmente per essere ingannati da illusioni visuali; ma che, all'opposto le loro osservazioni replicate hanno stabilito positivamente la regolarità dell'assestamento dei canali,

(1) « Annals Harvard College Observatory », LIII, 79. « Memoirs American Academy », 1906, XIII, 176.

(2) « Hawaian and Lunar Physical Features Compared », by W. H. Pickering, pag. 178.

e, per conseguenza, la plausibilità di qualche sistema di disegno nella costruzione loro.

Marte e la Terra.

Dei due modi di pensare egli è soltanto possibile dire, mancando ogni più precisa informazione, che mentre vi è una probabilità di vita di una qualche sorta sopra Marte, ed una considerevole probabilità di vita vegetale, l'esistenza di esseri intelligenti richiede ancora maggior evidenza di quanto finora ne sia stata fornita.

La legge delle probabilità, che Lowell cerca di applicare nello scopo di aggiungere forza alle di lui convinzioni, può soltanto essere applicabile quando i fattori del computo sono inattaccabili, in altri termini, quando la realtà oggettiva dei principî di disegno nei canali sia completamente dimostrata; e questo noi non pensiamo ancor ne sia il caso. Ma noi possiamo esaminare con interesse l'altro aspetto delle proposizioni del Prof. Lowell. Le condizioni fisiche su Marte sono in molti modi intermedie tra quelle trovate sulla Terra e quella della Luna.

Una conseguenza da dedursi da ciò si è che la vita esistente su Marte dev'essere di un tipo più basso di quella che è favorita dall'abbondanza di aria e di acque sulla Terra. Quella, tuttavia, non è l'ipotesi di Lowell. Nel di lui modo di vedere Marte si è raffreddato molto più presto che la Terra, per via del suo minor volume, ed è per conseguenza, come globo abitabile, molto più vecchio della Terra. « Esso ha da lungo tempo oltrepassato quello stadio della sua carriera planetaria, a cui la Terra attualmente è soggetta, ed è già innoltrato in uno stadio ulteriore, a cui col tempo la Terra stessa deve venire, se essa non ha da essere anticipatamente oppressa da altre catastrofi. Naturalmente due pianeti di differente

massa iniziale non ripetono nei particolari, l'uno la storia dell'evoluzione dell'altro; ma in tesi generale essi rispettivamente seguono parte della stessa strada».

Pertanto un futuro che Lowell prevede per la Terra è che essa debba soffrire, come apparentemente Marte ha fatto, la perdita dei suoi oceani, mari, fiumi, ed altri serbatoi di acqua.

Le sue acque devono ritirarsi verso l'interno del pianeta, che si raffredda, attraverso ai crepacci ed alle fessure, grandi e piccole, della sua superficie. Inoltre, sopra qualsiasi superficie liquida ha sempre luogo la evaporazione, cosicchè le sue molecole sono di continuo innalzate nell'aria e le più veloci di queste, quando esse giungono ai confini dell'atmosfera, spiccano il volo da essa negli spazi interplanetari — quindi dapprima lasciano un pianeta i gaz più leggeri, di poi alcune parti di quelli più pesanti, compresi i costituenti gazosi dell'acqua. « Questi stadî nel disfarsi inevitabilmente della loro idrosfera sono palesati con esempi oggidì dalla Terra, da Marte e dalla Luna. Sulla Terra i fondi dei mari ancora ritengono i mari; su Marte essi nutrono soltanto la vegetazione; sulla Luna essi non contengono affatto cosa alcuna ».

Lowell va più oltre coll'asserire che la perdita di acqua ha progredito attraverso gli evi che son passati sulla Terra, e che il processo ha pur luogo sotto agli occhi nostri oggidì, — il terreno sta avanzandosi a detrimento delle acque, i deserti si amplificano, la caduta della pioggia tende a diminuire lungo le zone semi-tropicali. Entro un tempo a venire, che noi non possiamo computare, ma che è inevitabile, la Terra, adagio adagio disseccandosi, deve diventare un pianeta di Sahara; paragonabile nell'aspetto a quelli esibiti a noi da Marte, e più grande per dimensioni, come la Terra è più grande che il suo arido vicino.

La melanconica previsione del Prof. Lowell interessa

un gran numero di quistioni. I critici della sua opinione non sono astronomi soli, tra i quali egli parli come a gente dotata di pari conoscenza del soggetto, ma sono geologi che sono meglio qualificati di lui per giudicare delle evidenze geologiche della permanenza o sparizione dell'acque sul globo.

Il Prof. Eliot Blackwelder ha fatto osservare che non è evidente che i terreni scoperti della Terra si siano estesi a spese delle sue acque (1). Vi sono state delle fluttuazioni di terre e di mari attraverso i tempi geologici conosciuti, ma questi cambiamenti non dimostrano una tendenza generale. Dei deserti hanno esistito in molte parti del mondo sempre sin dai primissimi periodi, ovunque le condizioni topografiche e atmosferiche fossero favorevoli. Egli non è probabile che i nostri attuali deserti siano molto più estesi di quelli del periodo Permiano, durante al quale il più salato dei laghi salati ha ricoperto le località della Germania.

La teoria chè ha trovato l'accoglimento migliore sia dei geologi che dai fisici si è che vi sia stata una incessante oscillazione di masse di terreni e di aree di acque. Molte cause sono state proposte per questo, alcune delle quali noi avremo da considerare; la più plausibile di esse sembra esser quella che ha supposto un progresso, alternantesi con un regresso, degli oceani verso i poli e da questi all'indietro.

---

(1) « Science », 23 Aprile 1909, pag. 659.

CAPITOLO V.

L'interno della Terra.

Parte I. — Il pianeta gazoso-liquefatto di Laplace — La primaria crosta della Terra - I gaz primarî - Obbiezioni alla teoria - L'alternativa o l'ipotesi planetismaria-Attrazione e ritenzione d'un'atmosfera - Calore del primo nucleo - Azione vulcanica di un nucleo crescente - L'idrosfera.

Parte II. — Le più antiche ipotesi di una Terra che si raffredda - Calore interno della Terra - Il livello a cui non esistono sforzi - Solidificazione dal centro - Punti di fusione di roccie sotto pressione.

Parte III. - Distribuzione di calore in una Terra planetismale - Temperature del sottosuolo - Teoria del Prof. Joly del calore di radio-attività - Sismologia e teoria.

Parte I.

Il precedente abbozzo degli eventi che possono aver accompagnato la nascita di un pianeta ci lascia ancora a gran distanza da un terreno solido. I varî gradi dello sviluppo del pianeta, che ebbero luogo prima che le roccie fossero depositate hanno tuttora da essere presi in considerazione. Tali stadi, come quelli primitivi, che di già furono da noi tolti in esame, sono ben lungi dall'essere realtà provate, e le teorie intorno a quelli devono essere accolte con riserva. Ma egli è necessario di metter su assieme una qualche ipotesi che li abbracci, perchè egli è stato durante questo periodo che il pianeta è divenuto un insieme solido e che nuove forze, provenienti dalla di lui condizione solida, furono portate in gioco. Egli è stato durante questi stadi che la forma della Terra e la sua configurazione, nel senso più lato, furono determinate.

Il pianeta gazoso-liquefatto.

Nei capitoli precedenti il tipo di sviluppo che è stato principalmente considerato si fu quello di una sfera parzialmente liquefatta, che è andata perdendo il calore e che, come questo avvenne, si è solidificata. Ma noi abbiamo sempre tenuta in mente una variazione di questo processo, oppure un'addizione ad esso.

Quando la nebulosa primitiva di un sistema solare cominciò da principio ad assumere la forma di una doppia spirale, e che dei nodi o nuclei apparirono sulle sue braccia distese, vi era ancora una grande quantità di materia nebulosa di proprietà di nessun corpo; e noi abbiamo supposto che questa materia fosse attratta dai nuclei, che per tal modo crebbero continuamente più grandi e con attrattività più potente. Quando i nuclei finalmente e definitivamente emersero quali pianeti, il processo di assimilazione ancora progredì ed i pianeti nucleari, di continuo attrassero a loro stessi dei frammenti distaccati della materia da cui essi da principio erano emersi. In tal guisa, come un'alternativa alla Terra gazeo-liquefatta che si solidifica raffreddandosi, noi abbiamo una Terra che s'accresce coll'aggregarsi altri corpi. Invece del raffreddamento, la Terra primaria cominciò coll'aumentare di calore e di dimensioni.

Questo secondo concetto ha grandemente alterato le vedute che si erano accolte nell'ultimo secolo, circa il primitivo sviluppo della Terra. L'immagine della Terra primaria che era il risultato della teoria di Laplace, la raffigurava come una piccola stella, un globo liquido con una pesante coltre di vapori, la quale riteneva nelle sue ripiegature le future acque del globo, nonchè dei gaz pesanti.

Dopo di ciò il globo liquido fu creduto aver principiato a solidificarsi verso la sua superficie. Esso

avrebbe dapprima avuto una temperatura di circa 2500 gradi, ossia qualche poco al disotto del calore rosso del ferro; e l'atmosfera da cui esso era circondato avrebbe trattenuto ancora tutte le acque, tutto il gaz acido carbonico e tutto l'ossigeno, i quali corpi dipoi divennero racchiusi sulle cose morte o viventi.

Dopo un certo tempo, come progredì il raffreddamento, gli oceani sarebbonsi formati dall'atmosfera; e potrebbero aver coperta l'intiera Terra, od essersi temporariamente allogati in una qualche gran depressione del globo. Nel primo periodo, ossia in quello senza oceani, le pressioni delle roccie formantisi avrebbero dapprima cominciato ad operare, in parte a cagione dell'azione di solidificazione, in parte per le fluttuazioni del calore. Quindi nel secondo periodo quando gli oceani furono deposti, l'azione dell'acqua, l'azione dell'atmosfera in moto, e l'accumulazione di sedimenti, avrebbero portato in gioco nuove forze, ed al termine di quella che può essere descritta come seconda era, la crosta superiore della Terra avrebbe cominciato a prender forma.

Obbiezioni alle teorie della gazeo-liquefazione.

Quella è la teoria, stabilita nel modo più conciso, dello sviluppo della Terra da un corpo gazoso-liquefatto. Ma, pur semplice e plausibile come essa appare, vi sono tuttavia delle obbiezioni ad essa che ne scuotono la probabilità.

In primo luogo, non si è mai trovata traccia alcuna della crosta originale del globo. Non vi è roccia che noi possiamo indicare e dire di essa definitivamente « qui è la prima roccia del globo, formata dalla materia greggia della terra liquefatta, prima che esistesse la vita, e prima che fossero depositati abbasso gli oceani ». In secondo luogo vi sono ragioni positive per credere che nessuna gran coperta d'atmosfera

avvolgente, come richiederebbe tale teoria, abbia giammai esistito. Queste sono le obbiezioni generali. Esse non scompaiono se esaminate particolarmente.

La primaria crosta della Terra.

Se la Terra si fosse solidificata da uno stato di liquefazione, allora potremmo aspettarci che la massa liquida nel solidificarsi avesse prodotta una crosta omogenea. Se essa fossesi raffreddata molto lentamente la massa avrebbe potuto essersi assestata in strati, colle roccie più leggiere situate le più alte. Se l'ebollizione fosse stata troppo vigorosa per concedere questo, allora la crosta superiore o la zona esterna della roccia sarebbe ancora omogenea di carattere perchè non vi potevano essere state delle aree permanenti di roccia leggiera in una regione e di roccia più pesante in prossimità di quella, a cagione delle leggi dell'equilibrio nei liquidi.

In ciascuno dei due casi noi ci aspetteremmo di trovare, al disotto delle roccie di sedimento che sono state accumulate da allora in poi, un substrato universale di antica lava, tale come potrebbe esser sempre identificata da qualche qualità definita. Noi ci aspetteremmo che essa fosse una roccia grossolanamente ma completamente cristallizzata; qualunque condizione a cui fosse essa stata esposta susseguentemente o di calore o di pressione, difficilmente l'avrebbe trasmutata tanto da non lasciarla riconoscere.

Ma, potrebbe essere obbiettato, non poteva la crosta originale essere tenuta nascosta da cenere vulcanica e da frammenti ammucchiati su di essa in quelle epoche?

Questo non può essere accettato come possibilità, se noi supponiamo che mentre la Terra era a quello stadio di raffreddamento, essa fosse circondata dall'atmosfera che conteneva le future acque del globo,

poichè evidentemente non eravi la presenza di agente alcuno, tale come la forza esplosiva del vapore, per produrre delle esplosioni.

Molte migliaia di metri cubi di materiale sono state corrose nel corso delle età dalle superfici delle aree di roccie note come le più antiche. Noi non possiamo credere che la quantità del materiale vulcanico fosse così ampia — più grande di quantità che queste migliaia di metri cubi — che essa giammai non fosse stata portata via dall'erosione.

Ma il più inquirente criticismo della dottrina viene da recenti scoperte. Fu pensato insino alle ultime decadi del secolo scorso che le grandi aree simili a granito delle più antiche serie di roccie conosciute, rispondessero alle questioni supposte del caso, e che queste antiche roccie ignee potessero essere considerate come l'antica crosta della Terra. Ma egli fu provato quasi contemporaneamente che in non meno di cinque delle regioni granitiche studiate, nel Canadà, negli Stati Uniti, nella Gran Bretagna, nella Scandinavia e nella Finlandia, queste roccie non potevano essere considerate come una crosta primaria.

Molte fra le grandi masse di granito sono state trovate non essere della natura di una crosta raffreddata, ma si è dimostrato che esse sono state cacciate in su attraverso altre roccie formate sulla superficie da correnti di lava, o da frammenti di origine vulcanica, o da roccie depositate come sedimento. Esse sono infatti delle roccie ***intrusive***; esse furono riscaldate e attive per molto tempo dopo quell'era, nella quale esse dovrebbero essere state senza vita e fredde e quietamente depositate come una crosta, secondo la teoria.

Non tutte le più antiche roccie sono state esaminate, e quindi non è possibile di dire che esse tutte siano intrusive; ma vi è una forte presunzione che tale ne sia il caso. Questa nuova interpretazione riduce ad un punto

che tende allo zero, l'area della roccia massiva cristallina che può ancor essere considerata come la supposta crosta originale. Se la teoria del globo liquefatto fosse veritiera noi dovremmo aspettarci di trovare, non già una piccola quantità, ma una larghissima area di tale antica crosta di roccia; perchè tutta la vasta serie delle roccie sedimentarie dev'esser stata derivata da quella. Inoltre sta diventando sempre più evidente che la fonte d'origine di tutto questo materiale sedimentario era l'esistente grande area di terreno.

È stato altre volte pensato che abbiano avuto luogo grandi rivolgimenti di terreno e di aree oceaniche; ma diviene ogni giorno più chiaro che a dispetto dei movimenti oscillatori degli oceani verso i poli, e a dispetto di molte grandi e piccole usurpazioni del mare sulle terre, il piano fondamentale delle grandi masse di terreno e delle profondità degli oceani è stato sempre rozzamente lo stesso.

Tra gli strati dei continenti non ve n'ha alcuno che mostri evidentemente di essere stato un deposito di un mare *profondo*; quei depositi che ci son noti per essere stati depositati nelle profondità dell'oceano non si rinvengono nelle roccie dei continenti.

Nulla vi è che ci adduca a supporre che i continenti fossero di tanto in tanto spinti su a grandi altezze fuori degli oceani e quivi fossero mantenuti finchè il vento e l'acqua avessero raschiato da loro i materiali per formare delle roccie stratificate; e di poi fossero di nuovo riabbassati nelle profondità dell'oceano.

Dalle usurpazioni minori possono pur aver avuto luogo; ma vi rimangono delle vaste superfici che forse non sono giammai state affatto sott'acqua; ed altre aree vi sono che giammai non hanno ricevuto dal mare qualche cosa di approssimantesi alla quantità di materiale che esse gli hanno concesso, il materiale portato loro via da quello. Quindi, ammenochè noi siamo

per supporre che le aree del paese originario del globo, quelle già esistenti quando la crosta fu formata, abbiano ricevuto degli accrescimenti da qualche altra fonte, diversa dal mare, noi ci aspetteremmo di trovare qualcheduna di esse tutt'ora alla superficie; ed altre di esse seppellite così leggermente sotto roccie sedimentarie che esse sarebbero accessibili. Se noi non troviamo ***nessuna traccia*** della crosta liquefatta originale, allora noi non avremo alcun ragionevole appoggio fornito dall'osservazione reale che vi sia giammai una tal crosta.

I gaz primitivi della Terra.

La seconda difficoltà sorge dalla presunzione che va d'accordo colla teoria della gazeo-liquefazione che l'atmosfera e l'idrosfera fossero escluse dal globo liquefatto e lo circondassero come un involucro. Il concetto si era che, dappoichè il calore caccia via i gaz dai liquidi e dai solidi, pertanto la separazione dei gaz dalla roccia incandescente fino al bianco del globo primitivo fuso, sarebbe certamente stata completa.

Dietro questo modo di vedere, l'assorbimento dei gaz, piuttostochè la loro espulsione, sarebbe stata la regola in tutti gli ulteriori e più freddi stati della Terra. Per tal modo quando la crosta fusa si è raffreddata sino alla solidità, i teorici sono tuttora lasciati colla loro enorme atmosfera calda, ricca di vapore d'acqua e greve per i gaz come il biossido di carbonio. Ma le condizioni della Terra che si può supporre aver tenuto dietro dopo di ciò, sia rispetto al clima, sia dall'ausilio prestato alla vita, non si accorderanno bene con i fatti accertati che riguardano la primitiva storia geologica della Terra, che ora noi andiamo scoprendo. La teoria atmosferica nella sua forma originale riceve un appoggio molto incerto dai fatti determinati.

È stato fatto un tentativo di emendare questo, col

presumere che le lave, per quanto calde, possano conservare delle grandi quantità di costituenti gazosi. Noi sappiamo che le lave esistenti portano alla superficie grandi quantità di gaz assorbiti; e, sebbene il soggetto dell'assorbimento dei gaz da roccia fusa sia al presente imperfettamente scrutato, non è impossibile di supporre che un gran globo fuso di roccia, che è pervenuta allo stato liquido da un previo grado, in cui le roccie erano tutte vaporizzate, potesse ancor ritenere ampie quantità dei gaz atmosferici mentre esso era ancor liquido.

Noi possiamo andare ancor più oltre e dire che una buona parte dell'atmosfera poteva restar racchiusa nella roccia solida, persino dopo che questa fosse divenuta solida.

Ammessa questa cosa, può esser ritenuto che durante il periodo della Terra liquefatta qualcuno dei gaz rimanesse nelle roccie, non pienamente separato da esse, e che vi fosse uno stato sconosciuto di equilibrio tra questi gaz e quelli dell'atmosfera esteriore. Quando le roccie fossero raffreddate sino alla solidità, avrebbe luogo un riassestamento di questo equilibrio.

La formazione della crosta sarebbe seguita da un periodo di grande attività vulcanica.

Quello poteva essere aspettato dietro il riassestamento dei gaz della litosfera (o roccia fusa), dell'idrosfera (o gaz costitutivi dell'acqua), e dell'atmosfera.

In simili circostanze l'era vulcanica primaria può supporsi abbia avuto una continuazione così lunga e così violenta che la primitiva crosta della Terra fosse profondamente sepolta sotto il materiale scagliato all'infuori dai grandi vulcani primitivi. Infatti essa divenne sepolta così profondamente che essa non è mai più stata scoperta di poi.

Colla stessa ipotesi noi possiamo supporre che la maggior parte di roccie sedimentarie sia sorta dal ma-

teriale fornito in questa grande epoca vulcanica. Si può supporre che parte di questo materiale abbia costituito le enormi correnti di lava (come quelle che possiamo vedere sulla Luna); altre porzioni di quel materiale furono costituite in strati fatti su di frammenti della roccia primitiva. Tostochè le roccie vulcaniche furono costrutte esse divennero continuamente soggette a disturbi ed all'intrusione di nuove masse di roccia ignea. Quando la temperatura del mondo alla sua superficie è caduta al disotto del punto di ebollizione dell'acqua, il vapore d'acqua dell'atmosfera si è condensato in pioggia, e l'acqua venne sulla scena a frammischiarsi colla lava, per promuovere nuove esplosioni e per dar origine alle roccie di sedimento.

Queste supposizioni, specialmente se la primitiva era vulcanica può essere immaginata come estremamente estensiva, violenta e continuata a lungo, spiegheranno abbastanza bene le caratteristiche delle più primitive roccie a noi note. Ciò lascia ancora il mondo primitivo con un'atmosfera troppo vasta: e la teoria non è ritenuta essere adeguata dai più recenti geologi americani, e particolarmente da Chamberlin e da Salisbury (1).

L'ipotesi planetismaria.

I suddetti scrittori sono i principali promotori e responsabili della teoria alternativa dell'ipotesi planetismaria, la quale suppone che la Terra, avendo cominciato come un nodo nella nebulosa a spirale, siasi sviluppata gradatamente sino alla presente massa per mezzo di addizioni dall'esterno. Il punto principale pel quale questa teoria differisce dalle altre si è che il nodo originale nebulare costituiva soltanto una piccola frazione del pianeta accresciuto. Se essa era affatto piccola allora

(1) « Geology » Vol. II, « Earth History », p. 190, di T. C. Chamberlin ed R. D. Salisbury (John Murray ed.).

i costituenti suoi avrebbero avuto da essere pesanti. Il suo materiale avrebbe avuto da essere di un alto peso molecolare, poichè delle molecole leggere che avessero grandi velocità, sarebbero sfuggite via.

Ma si suppone che originalmente il nucleo sia stato un numero di piccoli frammenti — planetismari — che sarebbero divenuti raccolti in un gruppo ed ivi conservati in conseguenza delle loro attrazioni mutue l'uno per l'altro.

Questo gruppo di frammenti sarebbe diventato gradatamente fuso insieme in una solida massa, comechè esso catturasse sempre più planetismarî erranti, o frammenti, che passassero vicino all'orbita sua. Se qualcuno rimescolerà del thè in una tazza ed osserverà come le bollicine erranti si radunino in aggregazione più larga, egli avrà una rappresentazione di quel processo (1). I planetismari erano principalmente dei corpi solidi, e quando essi vennero in collisione essi distrussero il moto orbitale l'un dell' altro, cosicchè essi ebbero la tendenza di cadere verso un centro comune.

Attrazione e ritenzione di un'atmosfera.

Durante la sua carriera primitiva il nucleo solido può non esser stato dotato di massa sufficiente per avvolgere un'atmosfera gazosa intorno a sè stessa.

Non è presentemente affatto certo quanto debba essere grande un pianeta per poter trattenere in modo permanente un'atmosfera apprezzabile; ma sembra probabile che, quando la giovine Terra era circa un decimo delle attuali sue dimensioni, ed aveva un raggio piuttosto superiore alle duemila miglia, essa avesse un'atmosfera, sebbene alquanto tenue. Vi erano due

---

(1) Vedi Appendice *A*.

fonti donde quell'atmosfera avrebbe potuto derivare. Noi abbiamo cominciato colla supposizione che tutta la materia di cui la nebulosa genitrice era composta, tutto il suo materiale atmosferico generatore d'acqua, che non fosse raccolto insieme nei nuclei planetari, rimanesse allo stato di molecole, oppure di frammenti liberi nei loro movimenti. Il dott. T. J. See (1), che ha svolto, ampliandola, la teoria di una nebulosa a spirale quale origine del sistema solare col supporre che la spirale potesse rappresentare l'incontro di due correnti di polvere cosmica invece dell'incontro di due Soli, ha ulteriormente fatto osservare la probabilità che qualche forma di materiale gazoso, oppure ad ogni modo qualche materiale abbastanza denso per resistere al moto, riempisse l'intiero dominio della spirale.

Ora il nucleo planetario muovendosi attraverso a quel materiale non potea dapprima raccogliere e trattenere le molecole più leggere benanche quand'esse venissero con esso a collisione. Ma com'esso crebbe in peso ed in volume col raccattare più e sempre più frammenti planetismali, tali com'esso poteva trattenerli, esso avrebbe ognor meglio potuto ritenere effettivamente le molecole atmosferiche che esso incontrava ed aggiungerle a sè stesso come un involucro atmosferico.

Mentre lo stato nebulare del sistema solare perdurava, vi sarebbe stato una provvista di questa sorta di materiale atmosferico molto più abbondante che per il seguito. Ma la fonte della provvista può supporsi continuare oggidì; perchè se molecole di gaz possono volar via da un pianeta, o da un planetismario, o da qualche corpo più piccolo, nello spazio, allora esse

(1) « On the Cause of the Remarkable Circularity of the Orbits of the Planets and Satellites », by T. J. See, « Astr. Nach. », Febbraio 1909.

resteranno nello spazio soggette ad essere catturate da corpi abbastanza ampi per prenderle e per conservarle.

I frammenti di materia solida che la Terra crescente andava aggiungendo al proprio volume pur contenevano, racchiusi entro loro stessi, dei gaz che potevano essere rilasciati parzialmente in una collisione, oppure che potevano rimanervi racchiusi per qualche tempo. Le pietre meteoritiche che ancora percuotono la Terra in numero considerevole contengono in media parecchie volte il loro volume di gaz condensati. Così si comporta la massima parte delle roccie ignee della Terra, e sebbene questi gaz siano con molta sicurezza trattenuti e lentamente ceduti, tuttavia essi vengono ceduti. Il caso dei gaz racchiusi in meteoriti è molto istruttivo da questo punto di vista, perchè questi corpi hanno attraversato delle profondità di spazio privo di gaz, ed hanno sopravvissuto a sconosciute vicissitudini di calore e di urto, ed ancora hanno conservato dei gaz entro a loro stessi. Essi ripetono in miniatura la più primitiva istoria della Terra.

Quale sorta di atmosfera fosse quella che la Terra primitiva ha conservato noi possiamo comprendere principalmente coll'esaminare i gaz racchiusi nei meteoriti e nelle roccie cristalline. Noi possiamo altresì riflettere che, quando giunse il tempo confacente, la Terra poteva raccattare e ritenere qualsiasi materiale gazoso che fosse stato scagliato nella nebulosa dal Sole antenato e che avesse potuto rimanervi libero.

Fra breve si potrà meglio considerare la costituzione dell'atmosfera primitiva. Per il momento basterà il dire che i suoi probabili costituenti erano, per ordine, ossidi di carbonio, ossigeno, azoto, vapore d'acqua e idrogeno.

Egli è molto più importante di considerare immediatamente come l'atmosfera fosse alimentata dalle roccie, di cui era costrutta la Terra.

Il graduale disfacimento delle roccie avrebbe fornito alla Terra, lentamente ma ininterrottamente, i contributi per un' atmosfera; sebbene, per quanto scrutar possa l'osservazione, i contributi per tal modo ricevuti sarebbero di non grande importanza.

Questo, tuttavia, non è il modo di vedere che ha il Dott. Suess, il più eminente dei geologi Tedeschi, il quale apprezza altamente questo procedimento di fornitura; ed i geologi che stanno ricercando intorno alle emanazioni radioattive dei minerali hanno di recente attribuito grande importanza a queste emanazioni, non soltanto quali contributi all'atmosfera, ma quali cause d'origine del calore della Terra.

Indipendentemente da queste considerazioni egli è ben noto tuttavia che vaste quantità di gaz sono espulse dai vulcani oppure esalano più blandamente dalle lave; questo è il modo il più ovvio col quale dei gaz interni sono emessi. Secondo molti geologi non è certo per nessun verso che codesti sieno unicamente gaz interni che vengono fuori per la prima volta alla superficie. Essi possono certamente essere i prodotti di parte dell'acqua che è filtrata dalla superficie della Terra.

Ma ad ogni modo si può a buon diritto supporre che sieno taluni di essi i prodotti delle roccie, in cui essi sono racchiusi in combinazioni chimiche, e dalle quali essi emergano quando coteste combinazioni chimiche sono disfatte. Se noi supponiamo che la Terra sviluppantesi contenesse abbondanti materiali atmosferici, noi allora avremo da considerare se fu sviluppato abbastanza calore nella Terra nel suo crescere da suscitare l'azione vulcanica e da costringere i gaz a venire alla superficie.

Calore del primo nucleo.

Se tutti i frammenti che hanno composto il nucleo della Terra si fossero messi insieme in una volta sola, la scossa della collisione loro sarebbe stata da tanto da fonderne l'intiera massa.

Ma se le collisioni fossero state disseminate sovra un lungo periodo di tempo, e se il calore cagionato dalla caduta verso il centro di un frammento planetismario, fosse generato soltanto alla superficie donde esso irradierebbe prontamente nello spazio, allora il nucleo nella sua totalità non potrebbe diventare altissimamente riscaldato. Vi potrebbe non esservi abbastanza calore interno da far sorgere un'azione vulcanica.

Può forse essere presunto giustamente, tuttavia, che nella primitiva storia della Terra questa andasse raccogliendo delle aggiunte planetismarie abbastanza soventi per mantenerla al calor rosso; e fu solamente più tardi quando i frammenti nel suo percorso eransi diradati all'esterno che la superficie di essa divenne fredda.

Supponete, tuttavia, che non vi fossero collisioni sufficienti per tenerla calda, aveva forse la giovine Terra altre sorgenti rifornitrici di calore? Un ammontare ignoto di calore può essere stato trasmesso ad essa dalla nebulosa progenitrice da cui essa aveva tratte le origini qual nodo nebulare. Questo nodo era presumibilmente un aggregato di pesanti molecole del materiale nebulare, principalmente le molecole di metalli e di roccie. Noi adottiamo quella supposizione perchè questi elementi potevano diventare liquidi o solidi persino mentre che la temperatura era alta (il che non potevano fare gli elementi più leggeri); ed anche perchè a coteste pesanti molecole più facilmente era dato di aderire assieme.

Le condizioni di condensazione di queste molecole

potrebbe sviluppare un'alta temperatura interna, come le molecole cadono verso il centro. La giovane Terra quindi può aver ereditato un nucleo caldo.

Come crebbe tuttavia la Terra, e mentre essa andava ricevendo del materiale addizionale, essa deve essersi condensata di più, e sempre più; e com'essa si condensava, il suo calore interno andava aumentando. Egli è probabile che in un corpo di un decimo della massa della Terra si desterebbe del calore per la condensazione, sufficiente per fondere le roccie.

Vi sarebbe un ammontare addizionale di calore proveniente dal riassestamento degli atomi e delle molecole dei frammenti costitutivi della Terra, dopochè essi erano stati acchiappati.

Sotto questo titolo noi possiamo per il momento includere il calore prodotto dall'azione radio-attiva.

Azione vulcanica di un nucleo crescente.

Questa teoria, pertanto, di una Terra che sviluppasi lentamente verso l'esterno mediante addizioni dall'infuori ancora concede alla Terra del calore interno sufficiente per fornire le fornaci del vulcanismo. Diviene necessario di considerare come questo calore interno possa essersi fatto strada verso l'esterno e siasi distribuito per modo tale da causare l'azione vulcanica. In primo luogo, il materiale di cui la Terra era composta era di varie sorta. Alcuni anni addietro Sir William Roberts Austen mostrò ad una seduta dell'Istituto Reale in Londra dell'acciaio che colava simile a densa melassa sotto alla pressione idraulica. Forse non tutte le roccie possono essere portate al loro punto di fusione mediante la pressione sola; alcune certamente possono esserlo.

Ma evidentemente nella miscela delle roccie, i di cui punti di fusione fossero differenti, vi sarebbero delle

macchie locali dove vi rimarrebbero delle masse di roccie nello stato di fusione.

Come l'elevarsi della temperatura ha continuato nell'intiera massa, queste macchie sarebbero cresciute, ed altro materiale roccioso più resistente sarebbesi squagliato e divenuto plastico e pastoso come l'acciaio di cui citammo dianzi l'esempio.

S'aggiungano a questo i moti di marea della massa, e si sarebbero prodotte delle differenze di sforzo sufficienti per spremere verso l'esterno queste macchie fuse di roccia.

Come queste viscide bolle erano lentamente spremute all'insù attraverso il globo semi solido, esse possono essersi riunite, formando dei filamenti o catene di bolle, che s'insinuavano come lingue attraverso le roccie le più dure.

Quando queste lingue liquide salirono più in alto ai livelli, nei quali la pressione non era così grande, e dove fondevansi più agevolamente le roccie, esse recarono con loro stesse maggior calore di quanto ne fosse sufficiente per conservar loro stesse in istato di fusione, e cominciarono quindi a far fondere il loro percorso all'insù come un attizzatoio incandescente al calor rosso si fora la via attraverso al legno. Le lingue perdettero del calore col venire a contatto con roccie di bassa temperatura e per tal modo furono obbligate a lasciarsi addietro, qua e là, del materiale di roccia che raffreddavasi prontamente; mentre al tempo istesso esse occasionalmente s'appropriavano di materiale più fusibile, che esse incontravano sul loro cammino. Tra queste roccie più fusibili o solubili le lingue ascendenti avrebbero certamente raccattato una grande quantità di gaz racchiusi di cui esse sarebbero diventate densamente cariche.

Non era necessario che tutte queste lingue giungessero alla superficie. Esse avrebbero continuato sem-

plicemente ad innalzarsi sintantochè il loro capitale di lavoro di calore fosse esausto, quando cioè esse sarebbono ritornate allo stato solido, e sarebbono rimaste lingue di roccie intrusive. Ma esse avrebbero sempre contribuito con del calore ceduto alle regioni da esse invase, e per tal guisa mentre il calore interno sarebbe stato continuamente condotto da esse alla superficie, ciascuna lingua che fosse venuta meno nel giungere al sommo, avrebbe, col riscaldare la via, preparata la stessa per un effetto maggiore alle altre lingue che l'avrebbero seguita.

E così per riassumere: la Terra primitiva andò sempre crescendo per addizioni dall'esterno; la sua auto-compressione interna andò aumentando di conserva collo sviluppo di essa, e così pure quindi faceva l'interno suo calore; e questo calore, più alto al centro, era sempre portato all'esterno dalle lingue di roccie fluenti. La parte esteriore della giovine Terra era costrutta di frammenti planetismari che non erano ancora stati fusi mediante la pressione (o mediante l'azione dell' aria e dell' acqua) in una massa solida. Questa crosta porosa esteriore di frammenti deve essersi estesa ad una considerevole profondità mentre la Terra rimaneva piccola.

Quando le lingue di lava sollevantesi raggiunsero questa zona esse praticarono la loro strada attraverso ad essa senza molta difficoltà. Esse insinuarono il loro sentiero trammezzo i frammenti sotto forma di dicchi vulcanici e di catene di scogli; e possono frequentemente essersi aperta violentemente una via verso la superficie colla pressione dei gas che esse hanno portato all'insù con loro stesse. Egli è possibile che ad un certo periodo la Terra, come la Luna, esibisse delle cavità e dei crateri, attraverso i quali la lava scaturisse, oppure qualche volta erompesse in bolle.

Se noi possiamo trarre deduzioni dalla superficie

della Luna, dove l'azione vulcanica fu apparentemente estremamente vigorosa, noi possiamo concludere che delle considerevoli quantità di gaz furono sbuffate fuori della superficie della Terra prima che la Terra fosse voluminosa abbastanza per trattenerle. La provvista ne era ampia.

L'Idrosfera.

Tanto da quelli che ritengono la teoria della gazeo-liquefazione, quanto da quelli che accettano l'ipotesi planetismaria o di accrezione, la forma originale del vapore d' acqua che formò gli oceani della Terra, viene denominata l'idrosfera. Secondo Chamberlin e Salisbury, la condensazione del vapore d'acqua del globo sarebbe probabilmente avvenuta frammezzo alla materia greggia delle roccie frammentarie della superficie raffreddate prima che la condensazione avesse luogo nell'atmosfera esterna.

In altre parole, le acque della Terra furono generate sotterra, e, mentre la zona esteriore della Terra rimaneva frammentaria, formarono uno strato d'acqua ossia un'idrosfera al disotto della superficie del globo. Come l'acqua crebbe in volume essa si innalzò alla superficie, e presumibilmente apparve dapprima nelle innumerevoli cavità degli antichi crateri, od in altre depressioni formate dall'assestamento della crosta della Terra. Di là per innumerevoli laghetti l' acqua crebbe e formò fiumi, mari, ed oceani.

Tal è l'ipotesi planetismaria, e la sua plausibile semplicità è tale che nessun ragguaglio circa lo sviluppo di un pianeta, tanto nello stadio primitivo quanto in quelli susseguenti, riesce completo senza riferirsi continuamente ai suoi principî.

Ciò nondimeno, egli è necessario di considerare le condizioni di calore e di pressione all'interno della Terra, come esse sono contemplate dalle più antiche

ipotesi, poichè, qualunque possa essere la verità circa gli stadî primitivi dello sviluppo della Terra, qualcuno dei fatti del più gran valore osservati dalla geologia è stato coordinato nella presunzione che queste ipotesi più antiche siano corrette.

Parte II.

Le più antiche ipotesi di una terra che si raffredda.

Vi sono stati due modi di considerare il processo di raffreddamento di un pianeta che si è solidificato da una sfera di gaz incandescente, e di materiale fuso. Secondo il primo modo di vedere, quando la temperatura della sfera si era abbassata sufficientemente incominciò a formarsi una crosta sulla sua superficie. La solidificazione principiò per tal modo alla superficie. Secondo l'altra veduta la solidificazione cominciò al centro, poichè, sebbene ivi fosse la temperatura al più alto grado, la pressione vi era pure la più grande. Di là la solidificazione avrebbe proceduto verso l'esterno. Dapprima può essere considerato il primo modo di vedere, dacchè la massima parte delle discussioni concernenti il calore interno della Terra sono state fondate su quello. Dianzi che la crosta cominciasse a formarsi, la distribuzione del calore nella massa liquida perpetuamente in agitazione avrebbe dovuto diventare rozzamente uniforme, per modo che la temperatura al centro ed alla superficie fosse pressochè la stessa; e questa temperatura fu presunta da Lord Kelvin essere stata circa 7000° F. (4000° C.). Comechè continuasse il raffreddamento la perdita di calore sarebbe stata risentita dapprima soltanto nella buccia esteriore; e gradualmente si sarebbe propagata, durante le epoche successive, verso le più basse profon-

dità. In 100.000.000 d'anni il raffreddamento sarebbesi propagato sino a circa 160 miglia (256 Km.) al disotto della superficie. Entro i 237 milioni di anni sarebbero raggiunte delle profondità di 240 miglia (384 Km.); e perfino dopo un lasso di tempo di 600 milioni di anni la temperatura originaria dell'interno della terra rimarrebbe assai prossima a quella dell'inizio suo. A circa 300 miglia (480 Km.) dalla superficie l'interno non subirebbe influenza alcuna dal trascorrere di tempo ossia perdita di calore. Questa teoria ha un interesse speciale perchè essa fu per lungo tempo ritenuta essere la più promettente spiegazione del corrugarsi della crosta della Terra. La crosta la più esteriore, ossia la corteccia dopo il raffreddamento rimarrebbe naturalmente inalterata nelle dimensioni; ma tutto il tempo la crosta più interna o la zona interna di essa, che è stato supposto vada sempre raffreddandosi, continuerebbe a contrarsi. Al disotto di 160 miglia non vi sarebbe contrazione; lo stato delle cose rimanendo ivi lo stesso per 100 milioni di anni. Ma tra questi due livelli vi sarebbe una grande contrazione, poichè grandi cambiamenti di dimensioni, e la più grande alterazione avrebbe luogo a circa sessanta miglia sotto la superficie (Km. 96). La contrazione di questa zona mediana, mentre la più esterna buccia ed il più intimo interno rimarrebbero invariati, avrebbe prodotto « delle spinte orizzontali » nella buccia esterna, poichè quando essa divenne troppo larga per la contraentesi crosta sottostante, essa avrebbe cominciato a rassettarsi. L'illustrazione famigliare delle rughe sopra una mela avvizzita sarà presente a tutte le menti.

Il livello di nessuno sforzo.

Noi avremo allora una corteccia esteriore che è troppo larga; la sua troppo grande dimensione la fa ripiegare all'indentro sovra se stessa orizzontalmente.

Sotto di essa vi sarà una zona dove, all'opposto, vi è uno stato di ristringimento. « Tra queste due zone opposte vi deve essere un ***livello di nessun sforzo*** dove non vi siano nè compressione nè dilatazione (1) ». Al disopra di questo livello la spinta aumenta verso la superficie; al disotto di esso la tensione aumenta finchè il livello, al quale non esiste più cambiamento di temperatura, è raggiunto, ed allora quella cessa. Quando da principio la Terra cominciò a raffreddarsi « il livello di nessun sforzo » dev'essere stato vicino alla superficie e deve essere disceso gradatamente più in basso. Svariati computi furono fatti dello spessore della crosta esterna, o buccia, dove questi sforzi orizzontali devono aver avuto luogo. Il Rev. Osmund Fisher (2) ha stimata tale profondità a meno di trenta miglia (48 chilom.). Il computo minimo porta lo spessore di questa corteccia di sforzi ad una profondità compresa tra le 8 e le 10 miglia (Km. 13 a 16).

Solidificazione dal Centro.

Consideriamo ora il secondo modo di vedere, il quale immagina che la Terra liquefatta dapprima si solidificasse al suo centro. Quando fu posta in discussione l'idea di una Terra che si raffreddasse dapprima verso la sua crosta, ben poco era noto circa la

(1) Chamberlin and Salisbury, « Geology », Vol. I, pag. 535.

(2) « Physics of the Earth's Crust » (2ª ediz. 1889), pag. 22, 41, 54, 178. Il sig. Fisher pensa che l'evidenza che presentemente abbiamo, indica l'esistenza di una crosta che può avere uno spessore medio di 25 a 30 miglia: e che al disotto di quella giace un substrato di roccia fusa forse saturata con vapor d'acqua molto al disopra della temperatura critica. Egli considera il substrato come attraversato da correnti di ebollizione, e quale essendo non solamente vischioso ma realmente liquido e asportante talvolta per fusione delle porzioni della crosta al disopra di sè.

liquefazione delle roccie. La pressione cagiona una differenza grandissima nell'altezza dei punti di fusione delle roccie suddette. Ad una temperatura di 8000° F. (4400° C.) e colle pressioni atmosferiche ordinarie alla superficie della Terra non vi è solido conosciuto che non fonderebbe e non si cambierebbe in gaz. Ma quando i corpi sono soggetti a pressioni grandissime, essi possono sostenere delle temperature molto più elevate che dianzi, prima di cambiarsi da un solido in un liquido, o da un liquido in un gaz. Un poco di riflessione basterà a dimostrare che questo deve accadere veramente così.

Si può ritenere che tutte le sostanze possono trovarsi in ciascuno dei tre stati: solido, liquido, gazoso. Per convenienza per temperatura dello zero (eccetto che nella scala termometrica di Fahrenheit) è generalmente preso il punto a cui il ghiaccio solido comincia a fondersi in acqua liquida: ma questa è una costante affatto arbitraria. Lo zero assoluto, il più basso punto di temperatura che possa essere raggiunto, è stato calcolato da Lord Kelvin a — 273° C. sotto il punto di fusione del ghiaccio. Lo zero assoluto è il punto a cui tutte le sostanze note sarebbero nello stato solido. Prendendo questo come un punto di partenza noi possiamo assegnare delle temperature positive ai punti di fusione ed ai punti di volatilizzazione di tutti i solidi, liquidi e gaz (1).

(1) Giova ricordare il concetto scientifico, universalmente ammesso, dell'estrema discontinuità della materia. La materia di ogni atomo è, per la massima parte, ammassata verso il suo centro; ma i centri degli atomi distano assai tra di loro, in virtù di una sfera di protezione, entro la quale la sostanza d'ogni atomo esercita un'enorme forza ripulsiva su quella d'un altro.

La discontinuità della materia fa comprendere la possibilità dei moti oscillatori od orbitali, tanto dei sub-atomi, quanto degli atomi, quanto infine delle molecole. Col crescere dell'energia

Per tal modo l'aria si liquefa a — 193° C. della scala ordinaria.

Sulla scala assoluta l'aria è solida a circa + 80°; diventa liquida in un qualche punto tra + 80° e + 91° e si volatilizza o convertesi in gaz a circa + 92°.

In un consimile modo l'acqua è un solido a + 273° sulla scala assoluta, e diventa liquida oltre + 274° Essa comincia a bollire col convertirsi in gaz a + 373° « gradi assoluti » ossia 100° C.

E così pure il piombo è solido a + 273° « gradi assoluti » e rimane tale per più di 327° oltre a quel punto. Poi a 600° « gradi assoluti » esso fonde e diviene un liquido. Se la temperatura è ancor innalzata più oltre esso si volatilizza in un gaz.

Queste temperature, all'ingrosso, sono quelle che si possono assegnare ai punti di fusione o di solidificazione dell'aria, acqua, o del piombo quando le pressioni atmosferiche ordinarie sono condizioni essenziali. Ma come ciascuno sa, il punto di ebollizione dell'acqua, può essere alterato dal diminuire la pressione sulla superficie del liquido. Alla cima del Monte Bianco il punto di ebollizione dell'acqua, ossia il punto a cui il liquido è cangiato in un gaz, è *più basso* che non al livello del mare, perchè la pressione atmosferica è minore (1). Se la pressione atmosferica fosse accresciuta avverrebbe il

---

crescono le ampiezze di oscillazioni degli atomi; e questo costituisce quanto denominiamo temperatura. Lindemann suppone che un solido si liquefi quando l'ampiezza d'oscillazione degli atomi diventa uguale alla loro distanza media. Queste considerazioni spiegano l'influenza della pressione sull'innalzamento del punto di fusione, o del punto di ebullizione. Lo zero assoluto corrisponde alla cessazione di qualunque movimento molecolare od atomico di qualsiasi sostanza.

(*Nota del Traduttore*).

(1) Vedere altresì il Capitolo XI.

caso opposto. Si dovrebbe impiegare maggior quantità di calore coll'acqua prima che essa cominciasse a mutarsi da liquido in gaz. Similmente il punto normale di cambiamento di ciascuna sostanza può essere innalzato coll'applicare ad essa maggior pressione; e se questa sarà sufficiente, noi potremo teoricamente portare quella sostanza alle più elevate temperature senza indurla ad un « cambiamento di stato » da solido a liquido.

Punti di fusione di roccie sotto pressione.

È stato sperimentalmente dimostrato che il punto di fusione di una roccia a base di silicati (tale come il diabase) s'innalza in proporzione dell'accrescimento della pressione: e teoricamente una tal roccia se fosse sottoposta a pressioni uguali a quella cui essa sottostarebbe al centro della terra, non fonderebbe a meno di 76,000° C. ossia 136,000° F. — Questo può solamente essere considerato come un risultato speculativo, poichè nelle condizioni sconosciute ed incomprese del nucleo della Terra, il rapporto di cambiamento del punto di fusione di una roccia sarebbe probabilmente del tutto differente da quello che noi possiamo sospettare da pressioni sperimentali. Ma vi è, ad ogni modo, motivo di ritenere che la solidificazione nell'interno della terra prevarrebbe a dispetto delle altissime temperature per causa della gran pressione. La pressione al centro della Terra è stata calcolata come equivalente a 3.000.000 di volte la pressione dell'atmosfera alla superficie della Terra; ossia di 45 milioni di libbre per pollice quadrato (ossia kg. 3.148.000 per cm. q.).

Secondo questa teoria la pressione a circa metà strada al disotto sarebbe alquanto di più che un milione e mezzo di atmosfere per ogni pollice quadrato e la temperatura sarebbe di circa 40.000° C. Una

Terra costrutta su questi principi ci si presenta come una Terra in cui, quando la temperatura del globo gazeo-liquefatto fu sufficientemente scemata al centro, ebbe luogo ivi la solidificazione delle roccie fuse; ed in cui una consimile solidificazione ebbe luogo a profondità minori successivamente, via via che vi erano raggiunte temperature convenienti ed ancora più basse.

Una conseguenza della massima importanza, circa questa veduta, se essa fosse quella vera, sarebbe che il raffreddamento ed il ristringimento avrebbero azione sulla parte interna profonda della Terra, poichè si suppone che l'alto calore centrale debba trasmettersi continuamente dall'interno verso la superficie esterna. Quindi invece di una zona restringentesi e contraentesi di qualche 200 miglia di profondità (Km. 320 circa), noi avremmo una fascia di raffreddamento e di ristringimento forse di 2000 miglia (3200 Km.) e forse anche di più, di spessore.

Parte III.

Distribuzione di calore.

Facciamo adesso ritorno alla distribuzione teorica del calore nell'interno della Terra colla presunzione che la Terra s'accresca per la continua addizione di planetismarî al suo nocciolo centrale. Il calore in questo caso s'eleverebbe secondo che il numero crescente di addizioni al nocciolo avesse cagionato compressione al centro. Altrettanto quanto durasse la compressione il calore continuerebbe ad elevarsi al centro — per altrettanto tempo cioè, per quanto il calore che sarebbe generato dalla compressione fosse più grande di quello che sarebbe perduto col trasmettersi all'infuori attraverso alla superficie. Il calore si trasmette molto lentamente attraverso le roccie, cosicchè noi possiamo

presumere che il calore centrale avrebbe continuato ad elevarsi per altrettanto tempo quanto fosse durata la caduta di materia sulla Terra, e vi avesse causato delle compressioni. Le parti meno centrali sarebbero altresì riscaldate, se meno calde, da consimili cause di compressioni, e sarebbero pure riscaldate dal calore condotto ad esse dal centro. Una considerazione matematica di questi due processi dimostra che la temperatura gradatamente diminuirebbe nelle parti più profonde della Terra e si eleverebbe in quelle più esterne. (Essa tuttavia non si eleverebbe nella crosta la più esterna, perchè questa è soggetta al raffreddamento esterno, derivante dall'irradiarsi del calore nello spazio).

Tralasciando dal considerare questa crosta o superficie del globo la più esteriore, vi sarebbe stata una profondità di circa 800 miglia (1280 chil. circa) in cui la temperatura andava elevandosi. Al disotto di tali profondità la temperatura sarebbe andata scemando. Ma nella zona della temperatura elevantesi vi sarebbe una espansione di roccie dovuta al crescente calore. Al disotto di quella zona vi sarebbe un restringimento di roccie dovuta al calore decrescente. La zona superiore, di già forzata a conformarsi al nocciolo contraentesi per raffreddamento, troverebbe il compito suo assai più difficile in causa della sua propria espansione. Vi sarebbe per conseguenza uno stato d'affari, che si potrebbe immaginare, in cui avesse luogo una continua nuova repartizione di calore, ed in cui delle roccie in fusione verrebbero continuamente cacciate all'insù a livelli più elevati. Per tal modo noi cominciamo ad immaginarci una Terra in cui la contrazione e la deformazione delle roccie non incomincia per necessità puramente verso la superficie, ma può trarre origine a livelli più profondi.

Paragonando queste tre ipotesi dei primitivi stati

della Terra, si vedrà che le ultime due differiscono interamente dalla prima. La prima presume che l'interno della Terra lentamente e costantemente declinasse per temperatura dal centro verso l'infuori. La seconda e la terza ci richiedono di immaginare che vi siano grandi alternative e differenze di temperatura nelle profondità della Terra; e che la ridistribuzione di temperature dia origine in sedi profonde a sforzi violenti ed a impulsi. Se gli impulsi fossero stati soltanto alla superficie essi sarebbero stati di nuovo rassettati prontamente. Ove profondamente situati, essi potevano accumularsi per lunghi periodi e dare origine a risultati di gran lunga più cospicui a grandi intervalli di tempo. Degli impulsi della prima sorta potevano sommuovere delle montagne; ma l'azione a lungo differita di quelli della seconda sorta, situati profondamente, poteva scuotere dei continenti.

Temperature del sottosuolo.

Egli è alquanto umiliante, da parte di queste speculazioni, lo stabilire le vere conoscenze che noi abbiamo raggiunto circa le temperature della Terra e circa le sue profondità. Il foro più profondo conosciuto è stato praticato dal governo Austriaco a Paruschowitz nella Slesia; ed esso raggiunge una profondità di 6408 piedi (2136 m.), notevolmente minore di un miglia e mezzo (ossia di m. 2400). Il suo diametro è di pollici 12 e $^1/_2$ (cm. 33 circa) alla superficie, e di circa due pollici ed un terzo (cm. 6 circa) al fondo del foro; e gli ingegneri incaricati di questo esperimento stabilirono che essi non avrebbero potuto raggiungere questa profondità ove non fosse stato che i tubi d'acciaio senza saldature di Mannessman fossero stati efficaci quali punte da trapano.

L'On. Charles Parsons fece un calcolo, pochi anni addietro, dell'estimo di quanto verrebbe a costare, di

tempo e di denaro, un pozzo profondissimo, nei cui recessi qualcuno dei problemi della struttura della Terra potrebbe essere risolto per noi. Colla spesa di 5 milioni di sterline (75 milioni di l. it.) si potrebbe trapanare un foro di dodici miglia di profondità (circa Km. 19) e quest'operazione richiederebbe circa 85 anni di tempo.

Non meno sconcertanti che l'ignoranza positiva di profondità sotterranee sono le conseguenze, in conflitto tra loro, che hanno ad essere dedotte dalla temperatura del sottosuolo. La temperatura aumenta colla profondità, cosicchè al livello di dodici miglia, calcolato dal sig. Parsons, il calore dovrebbe certamente essere sufficiente per mantenere sempre l'acqua allo stato di ebullizione. Ma vi sono estimi della massima differenza circa la ragione d'accrescimento del calore (1). Lord Kelvin nel suo estimo primitivo aveva addottato un aumento di 1° F. per ogni 51 piede di abbassamento (cioè circa 1° C. ogni m. 27,90). Una Commissione dell'Associazione Britannica nominata per considerare la quistione delle temperature sotterranee giunse ad un valore medio di 1° F. per ogni 60 piedi di discesa (1° C. ogni m. 32,70), ed il prof. W. J. Sollas insinua che una nuova investigazione delle misure rammentate condurrebbe ad una ragione di 1° F. per ogni 80 o 90 piedi, come più approssimantesi strettamente alla media.

Nelle sole Isole Britanniche la ragione varia da 1° F. su 34 piedi, ad 1° F. su 92 piedi, od in un caso ad 1° F. su 130 piedi (2). Il Prof. Sollas (3) osserva che

(1) Vedere pure il Capitolo XI.

(2) Nella miniera di Calumet ed Hecla, Lago Superiore, che ha una profondità di 4989 piedi (1663 m.) la ragione varia da 1° F. su 103 piedi ad 1° F. su 93.

(3) British Association, Section C. 1900.

mentre queste irregolarità sono state in alcuni esempi riferite a differenze nella conducibilità delle roccie, ed in altri casi alla presenza di acqua sotterranea, vi sono tuttavia parecchi casi che non possono essere interpretati in tal modo, e che suggeriscono l'idea di qualche causa profondamente situata, tal quale sarebbe la distribuzione di materia fusa sotto il suolo.

Produzione radio-attiva di calore.

Durante questi ultimi pochi anni un nuovo fattore del riscaldamento sotterraneo si è presentato ai geologi e si è attirata l'attenzione speciale del Prof. Joly di Dublino (1). Questo nuovo fattore è l'influenza possibile della radioattività sulla temperatura sotterranea. Il Radio, che noi scegliamo come il più rappresentativo fra i minerali radioattivi, va continuamente emettendo calore, a cagione della disintegrazione dei suoi atomi. L'ammontare del calore che un grammo di radio darebbe fuori nel tempo della sua esistenza (vale a dire prima che esso sia interamente disintegrato) sembra essere sufficiente per innalzare di 1° C. la temperatura di 100 tonnellate d'acqua. Questo è probabilmente un estimo troppo basso. L'ammontare del calore generato può essere un centinaio di volte più grande di quello. Il radio è solamente uno dei tanti minerali radioattivi, e le ricerche del signor Boltwood (2) sembrano stabilire in modo positivo il fatto che esso è il prodotto di un altro minerale maggiormente abbondante, l'uranio, che può essere ritenuto quasi come il progenitore del suo pro-

(1) « Radioactivity and Geology: An Account of the Influence of Radioactive Energy on Terrestrial History », by J. Joly (Constable), 1909.

(2) « On the Life of Radium », by Bertram B. Boltwood, pagine 493-505, « The American Journal of Science », Vol. XXV, June 1908.

digo discendente. La provvista di uranio presso alla superficie della Terra è sorprendentemente grande. Il radio è egli stesso un materiale molto diffusamente distribuito alla superficie, ed è pur stato trovato a tutte le profondità a cui per noi si sia potuto penetrare; nelle sorgenti sotterranee, nelle melme vulcaniche, e nel mare. Esso è stato rinvenuto nei meteoriti. La sua presenza è dedotta, con qualche grado di probabilità, nel Sole, ed esso è distribuito in tutta la massa del materiale di cui è composta la Terra.

Ammenochè noi quindi abbiamo da supporre che la radioattività sia un fenomeno dell'epoca geologica moderna, dobbiamo considerare il nostro globo come messo assieme con materia attraverso la quale sia distribuito in qualche quantità od altra, degli elementi, che per la loro disintegrazione atomica, andavano e vanno impartendo calore al globo istesso. Non è verosimile che le roccie radio-attive siano intieramente mancanti nel nocciolo della Terra. Se esse vi sono presenti, queste parti possono andare aumentando di calore per quello emesso da tal fonte. Quella è un'osservazione che fa il Prof. Joly. Un'altra è un particolare effetto di questo calore. Il calore sarà maggiore in alcune aree che in altre; e sarà specialmente grande in località della superficie, dove un grande spessore di sedimento è stato depositato.

In consimili località della superficie vi sarà una grande dilatazione di roccie dovuta all'emanazione di calore, e questo avrà una potente influenza sulla costruzione delle montagne. Ma evidentemente un simile abbandono di calore, o differenza nella ragione di cessione di calore, creerà delle temperature differenziali attraverso grandi zone della crosta della Terra. « Noi abbiamo, » dice il Prof. Joly (1), « in questi effetti, un

(1) « British Association, Presidential Address to Geological Section », 1908.

intervento del radio nella dinamica della crosta della Terra, che deve aver influenzato l'intiera storia del nostro globo, e che fornisce una spiegazione dell'instabilità della crosta ».

Si vedrà che, mentre le teorie primitive per spiegare la condizione e la storia dell'interno della Terra assegnano la distribuzione di calore, là dentro, a cause che hanno tenuto dietro alle condizioni di calore e di materia che esistevano al principio del mondo, esse (cioè quelle teorie) fanno derivare l'energia che è stata responsabile della presente struttura della crosta, dal residuo del calore originale, o da compressione o dalle collisioni di planetismarî. Ma le nuove teorie del calore evocato dallo scompaginarsi degli atomi ci invitano a considerare l'esistenza entro la Terra di un vasto deposito di energia, che è originariamente chimica, e che proviene dalla distruzione degli elementi; e non già dalla sola alterazione delle molecole loro, ma bensì dal disfacimento degli atomi loro. È stato veramente oggetto di discussione se tutto il calore che è stato osservato in miniere, tunnels, e fori, sia di un ordine che potesse essere spiegato in cotesto modo.

Rivista delle Teorie.

Avendo presentato nel capitolo precedente alcune delle opinioni che sono state manifestate circa la temperatura e le condizioni dell'interno della Terra, alcune poche parole possono essere aggiunte a mo' di sommario e fors'anche a mo' di avvertimento. « Noi nulla conosciamo realmente », osserva il Dr. C. G. Knott (1), « delle proprietà della materia sotto le

(1) « The Physics of Earthquake Phenomena », by C. G. Knott, pag. 272 (Clarendon Press), 1908.

In una lettera al « Times » del 5 Agosto 1906, Lord Kelvin scriveva da Aix les Bains : « Per premunire contro un'avven-

enormi pressioni che certamente esistono, e le alte pressioni che presumibilmente esistono nel nucleo della Terra ». Le teorie riposano non su fondamenti di osservazioni perchè nel senso più diretto l'osservazione è impossibile, ma su presunzioni che sono state scelte perchè esse sono soggette a trattamenti matematici. Questo criticismo si applica a ciascuna teoria da quella di Laplace a quella di Lord Kelvin, e da quella del Rev. Osmund Fisher a quelle di Sir G. H. Darwin e del Prof. Simon Newcomb.

Newcomb ha fatto un computo della rigidità della Terra e delle sue varie parti. Egli reputa la rigidità di essa, nel suo complesso, come paragonabile a quella dell'acciaio di una piastra di corazzatura (1). Al centro della Terra la rigidità, sotto pressione, cresce rapidamente, e nonostante l'alta temperatura presunta esistere colà, questa rigidità è probabilmente tre volte più grande di quella dell'acciaio temprato. La rigidità della crosta egli la stima non maggiore di quella del granito, e solamente un sesto di quella dell'acciaio.

Come proposizione matematica, quest'enunciato può

---

tata generalizzazione circa la trasmutazione degli elementi che è stata presentata alla riunione di York come una deduzione della scoperta fatta da Sir W. Ramsay e dal Prof. Soddy della produzione di elio dal radio ». Egli protestava pure contro l'ipotesi che il calore del Sole o della Terra fosse dovuto al radio; egli lo riteneva principalmente dovuto alla gravitazione.

A questo replicò Sir Oliver Lodge esprimendo il rincrescimento che i fisici non fossero stati capaci di addurre con essi il veterano loro capo a convenire nei più recenti progressi di vedute... Lord Kelvin nel « Times » del 20 Agosto «... Non ammetteva che vi fosse qualche valida evidenza sperimentale per dimostrare che il calore del radio fosse sufficiente per spiegare il calore del Sole, e la temperatura sotterranea ». (« Life of Lord Kelvin », by Silvanus Thompson, Vol. II, pag. 1190 (Macmillan), 1910.

(1) « Monthly Notices, Astron. Soc. » 1892, pag. 336. Rudski di Odessa dice la rigidità essere il doppio di quella dell'acciaio (« Phil. Mag. », 1894, pag. 218).

essere detto sostenersi da sè stesso, senz'altro argomento. Ma, rispetto alle condizioni interne di questo globo rigido, le teorie sono in conflitto circa ai termini. Lord Kelvin sino al giorno della sua morte non aveva giammai abbandonato l'idea sua che la Terra avesse da essere considerata come un globo solido e rigido. Il Rev. Osmund Fisher, di quello contemporaneo e che gli sopravisse, non ha mai dato un passo indietro dalla sua teoria che sotto pressione il nocciolo del globo rimanesse solido e fosse circondato da un substrato liquido, il quale, tuttavia, per effetto della pressione rimanesse irremovibile sebbene vischioso.

Il Prof. Arrhenius (1) di Stoccolma, argomentando

(1) « Zur Physik des Vulcanismus » (« Geol. Foren. Stockholm », Forhandl. XXII, 1900, pag. 395, 419. Vedere pure pel sommario della teoria di Arrhenius « Text Book of Geology » di Geikie 4ª ediz. 1903, Vol. I, pag. 72, 73). « Quando », dice Arrhenius « noi parliamo di gaz a così alte temperature e pressioni come quelle che prevalgono nell'interno della Terra, noi dobbiamo concepire qualche cosa intieramente differente da ciò che noi di consueto intendiamo per gaz. La densità, la compressibilità e la viscosità di una tale sostanza sono di un ordine talmente alto che noi potremmo considerare quel corpo come un solido, ove non fosse apparente la vera sua natura..... Ad una profondità di circa 25 miglia (40 km.), dove la temperatura giunge a tanto come 1200° C. e la pressione ammonta a 10840 atmosfere, il maggior numero dei minerali ordinari diventerà liquido e la sostanza della Terra deve a tale profondità esistere in una condizione di fusione, un magma liquefatto. Questa condizione tuttavia deve estendersi molto verso l'interno. Perchè a 186 miglia la temperatura è così alta da trovarsi al di là del punto critico di ogni sostanza conosciuta. Il magma liquido passa poi continuamente allo stato gazoso..... L'interno della Terra, quindi, ad eccezione di una crosta solida di circa 25 miglia di spessore (40 km.) consiste di un magma fuso, tra 70 e 150 miglia di profondità (tra 112 e 240 km.) che sfuma continuamente nel centro gazoso. I liquidi ed i gaz nell'interno posseggono una viscosità ed un'incompressibilità tale da permettere di considerarli come corpi solidi ».

che alle temperature che esistono al centro della Terra tutta la materia si cambierebbe in gaz, crede che la più grande porzione del nocciolo della Terra sia gazosa; che essa passa di poi in uno strato liquido, e che finalmente lo strato liquido trasmutasi in una crosta solida.

Deve essere presunto tuttavia in entrambi questi concetti di Arrhenius e di Fisher, che la pressione sia tale che tanto il liquido quanto il gaz, sotto la sua influenza si comportino come corpi rigidi. Con un modo di dire non scientifico il gaz ed il liquido sono altrettanto ***duri*** quanto se fossero solidi. Finalmente, secondo le vedute di Chamberlin, l'intero globo è effettivamente solido, ma esso ha delle lingue liquide che partono dalla zona mediana e che si tracciano la loro strada verso l'esterno.

Contributi sismologici alle teorie.

Il Presidente di Corte di Cassazione Fletcher Moulton, nel deporre una volta dinnanzi ad una Commissione Reale, ebbe a dire che la retta via per il progresso della scienza era il metodo sperimentale. Dove noi siamo ridotti all'osservazione la scienza avanza lentamente. Egli addusse l'esempio della conoscenza delle cause dei vulcani quale una cognizione che era di molto limitata perchè non erano possibili degli esperimenti. Le stesse considerazioni si applicano alla nostra conoscenza dell'interno della Terra, dove ci si oppone, inoltre, l'assenza di opportunità per le indagini. Ma in un senso la Terra stessa fa degli esperimenti per il genere umano. Essa fa così nel caso di terremoti; ed è possibile che le osservazioni continuate di questi tremiti del corpo rigido possono nell'avvenire offrire una guida per giungere ad una spiegazione dell'intima costituzione del globo.

Quando avviene un terremoto le sue vibrazioni si

propagano lunghesso la crosta della Terra sino a distanze di parecchie migliaia di miglia. Queste vibrazioni o tremiti non viaggiano tutti ad una stessa velocità; e non viaggiano tutti ad un modo od attraverso le stesse porzioni della crosta della Terra. Le onde ampie passano lunghesso l'esterna crosta curvata, come un tremito potrebbe trasmettersi lungo la buccia di un arancio. Altri tremiti sembrano prendere una più breve scorciatoia, tagliando attraverso la polpa dell'arancio. Le grosse onde viaggiano secondo archi, i piccoli tremiti lungo le corde di quelli. Ma vi sono due sorta di piccoli tremiti che viaggiano a differenti velocità. Il sig. Oldham (1), in una memoria letta dinanzi alla Società Geologica (1906), mise innanzi la teoria che queste due sorta di « tremiti preliminari di terremoti » rappresentano le proeminenze di due forme distinte di moto di onde che siano state propagate attraverso la Terra dall'origine della perturbazione. Entrambe queste forme di moto di onde arrivano tardi ai distanti osservatorii sismologici del mondo. Nei primi tremiti preliminari, la velocità a cui essi hanno viaggiato è i nove decimi di quella a cui avrebbero viaggiato se lungo la buccia la più esteriore. Nel secondo tremito la velocità è soltanto una metà di quella che dovrebbe essere.

La grande riduzione della ragione del viaggio nelle onde del « secondo tremito » sembra dimostrare che vi sia stata una grande rifrazione o flessione delle onde a qualche punto del loro viaggio. La teoria del signor Oldham era che prima che le onde giungessero agli osservatorii distanti esse abbiano urtato in un nocciolo centrale della Terra che fosse di rigidità differente e di condizioni fisiche diverse da quelle delle altre zone. Le di lui conclusioni sono criticate sia dai sismologi

(1) « Geological Society Quarterly Journal », 1906.

Giapponesi, sia, benchè meno aspramente, dal Dr. C. G. Knott, il quale crede che il numero d'osservazioni di questa sorta sinora fatte sia troppo piccolo e quelle poche siano troppo fragili per altri rispetti per guarentire una così grande costruzione della teoria elevata su tali basi. Ma noi possiamo citare la conclusione a cui Mr. Oldham è pervenuto dallo studio dei tremiti dei terremoti. Egli fu addotto a supporre che sotto l' estrema crosta sottile esteriore della Terra vi esistesse della materia che fosse di materiale omogeneo ed in identiche condizioni fisiche sino alla profondità di circa 4500 miglia (7200 Km.). Al disotto di quella egli crede vi fosse un passaggio rapido a materia che differisse da quella grandemente per rigidità, densità ed altre qualità fisiche.

CAPITOLO VI.

La forma della Terra solida.

I moti interni di grandi corpi solidi - Distribuzione delle terre e delle acque sopra un orbe planetario - Cambiamenti cagionati dalla rotazione - La forma della Terra - Armoniche sferiche - Distribuzioni matematiche di terreno e mare - Distribuzione per la rotazione - Effetti combinati di rotazione, della mozzatura di fianco, e della deformazione - La teoria e l'osservazione paragonate insieme - I periodi d'alterazione della forma - Evidenze di cambiamento.

Come un corollario alla speculazione che la Terra e la Luna siano un giorno state un solo pianeta, è stato esposto l'argomento che nella forma della Terra vi rimanga una testimonianza della loro unità violentemente scissa; e che il bacino dell'Oceano Pacifico si proponga da sè stesso come la cicatrice lasciata dalla disgiunzione. Alcune ragioni per considerare come fantastica quella supposizione sono di già state esposte. Ad esse vi possiamo aggiungerne un'altra che si è che le più semplici spiegazioni della forma della Terra sono sorte dalle indagini matematiche di Sir G. H. Darwin, del Prof. Jeans, e del Prof. Love.

Movimenti interni di grandi corpi solidi.

Non è necessario il supporre che la Terra abbia assunta una forma definitiva ad un'epoca in cui essa deve essere considerata come una rotante massa di liquido, o come un corpo in parte solido, in parte liquido. Vi sono delle leggi che regolano le forme dei pianeti. In tali corpi plastici la forza persistente dominante è quella di gravità. Vi è una tendenza da parte

di tutti i grani o particelle che costituiscono il volume del corpo a cadere verso l'interno. Un pianeta in breve, è un corpo gravitante. Ma supponiamo che tutte le parti di un consimile corpo gravitante non siano uguali in densità. Evidentemente le parti più dense attireranno delle particelle a loro stesse più fortemente che le parti che non sono così dense.

Evidentemente pure più e sempre più delle particelle della massa tenderanno ad essere tratte verso le parti più dense. Cosicchè in ciascun sistema di particelle che esiste sopra una base di gravità vi è una tendenza al cambiamento. Se il sistema è altrettanto grande come un pianeta vi sarà una concentrazione della massa verso il centro, o verso qualche altro punto che non è il centro, se le densità non sono uniformemente disposte. Ma vi è un freno al movimento ed alla concentrazione. Una concentrazione tale quale noi l'abbiamo immaginata deve essere accompagnata da compressione, e vi è un limite alla compressione. Il materiale si rifiuta ad essere compresso più oltre. Per tal modo vi è una sorta di competizione tra le due forze: la gravitazione che è accompagnata dal movimento, e la resistenza elastica alla compressione che arresta quello.

La gravitazione, secondo le parole del Prof. Love, produce l'instabilità; la resistenza elastica alla compressione produce la stabilità. Vi sono esempi di queste azioni contrastanti a noi più familiari di quelle che forniscono i pianeti. Una lunga e sottile sbarra fissata sopra una sua estremità tende a piegare sotto il suo proprio peso. Un ferro da calza lungo un piede (30 cm.) starà su; una listerella di carta della stessa lunghezza piegherà in basso. Applicate lo stesso ordine di idee al caso di qualche corpo; e si vedrà che a fine di conservare la sua forma vi deve essere qualche relazione tra le forze che tendono ad indurre

un cambiamento di forma, la sua dimensione, e la resistenza che il corpo offre al cambiamento di dimensione e di forma. Quando noi consideriamo un pianeta gravitante noi ci chiediamo quanto piccola debba essere la sua resistenza acciocchè la sua forma possa cambiare; noi ci chiediamo altresì quale sorta di spostamenti sarebbe influenzata dalla sua tendenza al cambiamento. Se noi conosciamo la costituzione del pianeta noi abbiamo un problema matematico definito. La più grande difficoltà che ci si para innanzi nel risolvere il problema per un corpo della dimensione della Terra si è di trovare degli equivalenti per le enormi forze che sono sviluppate entro esso dall'attrazione mutua delle sue parti. La Terra è in uno stato che è tecnicamente descritto come uno stato di « sforzo iniziale ». Così, per prendere un esempio comune, è la palla del giuoco di golf, dal nocciolo (od anima) di gomma elastica. Il nocciolo fatto di elastico ravvolto su sè stesso strettamente, e la crosta sottile di materia composita la quale lo ricopre, insieme costituiscono una sfera che con tutto il suo placido aspetto, è la residenza di forze che lottano tra di loro. Esso è in uno stato di sforzo; e, secondo un'alta autorità del giuoco di golf, il suo centro di gravità è ben di rado al centro della palla. Noi non spingeremo più oltre il paragone; ma per differenti cagioni vi può esistere uno spostamento tra il centro di figura di un pianeta ed il suo centro di gravità. In entrambi i casi gli sforzi tendono a disturbare la stabilità della sfera; vi è una tendenza a « cedere »; una tendenza a giungere a dei riassestamenti.

Se la resistenza alla compressione in una sfera planetaria è sufficientemente piccola, non vi saranno soltanto movimenti verso il centro; ma vi saranno degli spostamenti, per i quali la densità è accresciuta in un emisfero ed è diminuita nell'altro. Se la resistenza

alla compressione cade abbastanza in basso; o in altre parole se il materiale di cui il pianeta è fatto è abbastanza malleabile, allora una sfera planetaria di materiale omogeneo diventa un' impossibilità. Non potrebbe esistere un pianeta sferico di mastice da vetrai. Noi possiamo immaginare un pianeta di granito in cui il materiale sia assestato in fogli sottili, pressochè sferici; ciascun foglio essendo di una medesima densità. Ma queste boccie di granito, disposte come quelle certe sfere chinesi lavorate al torno, l'una dentro l'altra, non avrebbero lo stesso centro. Esse si affollerebbero insieme verso un lato, e rimarrebbero discoste l'una dall'altra sul lato opposto, nel modo dimostrato dalla tavola (Fig. 4).

Una sfera omogenea della stessa dimensione e massa come la Terra fatta da un materiale non maggiormente incompressibile che il granito non potrebbe esistere. Esso sarebbe per forza di gravitazione instabile. Il corpo assumerebbe qualche stato di assestamento delle sue particelle tale quale noi l'abbiamo illustrato nel diagramma: ed il suo centro di gravità sarebbe a qualche distanza dal suo centro di figura.

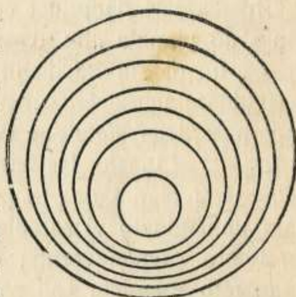


Fig. 4.

Questo è il primo modo, ed il più evidente, con cui un orbe planetario si dipartirebbe nella sua forma da una sfera perfetta. Vi sono altre cause di deformazione che entrerebbero in giuoco, alcune delle quali, se non esse tutte, diverrebbero riflesse nella distribuzione delle masse della superficie, od in più semplici parole, nella giacitura del terreno del pianeta. Nelle indagini, di cui il presente capitolo è un sommario, il

Prof. Love (1) ha considerato una per una le cause che deformerebbero un pianeta, e stabilì i risultati che tale e tal altra causa avrebbero sulla distribuzione del terreno e delle acque sopra un pianeta. Avendo preso le cause singolarmente egli le ha considerate in combinazione in un tentativo per giungere all'effetto che esse avrebbero, se prese tutte assieme, sull'apparenza di un pianeta. Finalmente egli paragonò l'apparenza che per teoria un pianeta come la Terra dovrebbe avere, o potrebbe avere, coll'aspetto della Terra come noi lo conosciamo.

Distribuzione delle terre e delle acque sopra un orbe planetario.

Chiediamoci dapprima come poserebbero le acque sopra un pianeta che avesse due centri, vale a dire, un centro di gravità distinto da un centro di figura.

Evidentemente la superficie dell'acqua sarebbe la superficie della sfera che avesse il centro suo al centro di gravità. Questo lascierebbe l'oceano da un lato della sfera planetaria. In questo modo nel nostro pianeta immaginato vi sarebbe un emisfero dove le terre sarebbero preponderanti; ed un altro che sarebbe l'emisfero oceanico. Tali sono le condizioni percettibili sulla Terra; dove vi è il grande emisfero nordico di terreno continentale ed il grande emisfero australe precipuamente occupato dall'Oceano Pacifico, diretto di più verso il centro di gravità, che verso il centro di figura.

Cambiamenti cagionati dalla rotazione.

Ma noi possiamo andare molto più oltre di questo nel dare spiegazione delle regioni continentali ed oceaniche del nostro pianeta. Che avverrebbe ad un

(1) British Association, Leicester, 1907, « Address to the Mathematical and Physical Section on A Dynamical Theory of the Shape of the Earth », by Prof. A. E. H. Love, D. Sc. F. R. S.

tale pianeta, come noi l'abbiamo in mente, quando esso rotasse? Un pianeta in rotazione, come noi abbiamo veduto, assume la forma di un sfera appiattita: ma la figura del suo oceano, a cagione della sua grande mobilità, rigonfierebbesi all'equatore più dello stesso pianeta. Quindi il primo effetto della rotazione della Terra sulla distribuzione di terra e di oceano sarebbe di attrarre l'oceano verso l'equatore per modo da scoprire le regioni polari. In tal guisa tanto il polo Artico quanto l'Antartico diverrebbero parti delle piattaforme di terre.

Vi è un importante effetto secondario. In un sistema rotante di particelle le regioni di maggiore densità tenderebbero ad allontanarsi dall'asse maggiormente che le regioni di densità minore, come si può immaginare se uno andasse facendo roteare attorno alla propria testa uno spago sul quale fossero fissati dei tappi di sughero e delle pallottole di piombo: le pallottole tenderebbero a portarsi all'infuori più rapidamente che i sugheri. Se nel nostro sferoide in rotazione la densità è più grande in una metà che nell'altra, l'effetto sarebbe per produrre una sorta di superficie tutta a creste ed a solchi.

Questa analogia può andar oltre quando prendiamo a considerare il fatto che la Terra non è puramente appiattita come un'arancia, ma che ha la forma d'uovo. Il primo effetto di questa condizione di forma d'uovo sarebbe di sollevare il terreno al disopra delle acque alle estremità dove l'uovo fosse più grande. Ma se vi fosse una densità maggiore in un mezzo uovo più che nell'altro mezzo, le forze di attrazione di gravitazione produrrebbero (ad un grado maggiore che in uno sferoide) un effetto maggiore nelle parti dove la densità fosse eccessiva. Di nuovo quindi, ed appunto come nel caso di rotazione, vi sarebbe un corrugamento della superficie.

Il problema che si presenta al matematico si è, quindi, quello di riconciliare fra di loro le caratteristiche della Terra, quali noi siamo in grado di percepirle, colla forma che un pianeta solido gravitante assumerebbe, e la posizione che i suoi oceani occuperebbero su quello, se la sfera fosse di una certa dimensione, peso e comprimibilità. Noi potremmo porre la quistione più concretamente col chiederci quale forma prenderebbe uno sferoide solido che avesse 8000 miglia di diametro (km. 12.800): altrettanto pesante e comprimibile quanto il granito; e se, mentre andava roteando ad una velocità di più di mille miglia all'ora (km. 1600), esso fosse stato soggetto a certe forze contorcenti come lo sforzo della Luna. Oppure noi potremmo chiederci se la forma osservata e le caratteristiche della Terra fossero tali da cadere dentro una figura definita e matematica; e, se così fosse, se questa figura fosse ciò che noi dovremmo aspettarci che la Terra avrebbe dovuto diventare in seguito alle operazioni delle cause primarie.

La forma della Terra.

Qual'è la forma della Terra? Se l'Oceano potesse essere inaridito la Terra avrebbe ancora una forma? Quale forma sarebbe quella? Perchè la Terra dovrebbe avere quella forma anzichè qualcun'altra? Allo scopo di descrivere la forma noi possiamo immaginare, col Prof. Lowe, che noi ci proviamo di fare un modello di essa. Il modello avrebbe da avere le dimensioni di una ***Dreadnought*** se le elevazioni delle montagne e le depressioni degli oceani fossero per riuscire alte quanto tre o quattro pollici (da cm. 7 a 10) (1). Nell'estrinsecare col pensiero la costruzione

(1) Più precisamente, perchè la vetta più alta dell'Himalaja

di un tal modello noi dovremmo essere impressionati da certe caratteristiche generali della distribuzione dei continenti e degli oceani. Le forme affusolate dell'America e dell'Africa verso il sud s'imporrebbero da loro stesse alla nostra attenzione; così farebbe pure la disproporzione tra le aree di terreno degli emisferi del Nord e del Sud; o l'eccesso delle aree oceaniche sovra quelle continentali (che occupano solamente un quarto all'incirca dell'intiera superficie); o la vasta estensione del Pacifico che, insieme colla parte attigua dell'Oceano del Sud, occupa due quinti della superficie;

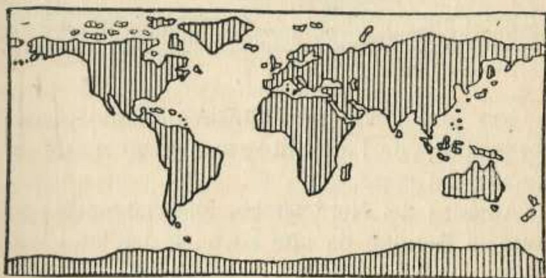


Fig. 5.

o la posizione obliqua del Sud America rispetto al Nord America. Ma sebbene noi possiamo osservare delle caratteristiche proeminenti della distribuzione di terra e paese, noi troveremmo difficile di attribuire alla faccia della Terra qualche cosa che potesse essere denominata una figura regolare geometrica.

Se noi andassimo facendo un modello della forma della Terra, allora, quando noi fossimo pervenuti al punto di svuotare via l'oceano, noi richiederemmo una carta che ci informasse circa la profondità del

---

fosse rappresentata da un'asperità di 8 a 9 cm., occorrerebbe che il diametro dello sferoide fosse di m. 128 circa.

(*Nota del Traduttore*).

mare in differenti località. Attorno a tutte le coste vi è un margine di acqua relativamente poco profonda. Se sparisse nello spazio una parte degli oceani della Terra, per modo che il livello del mare si abbassasse

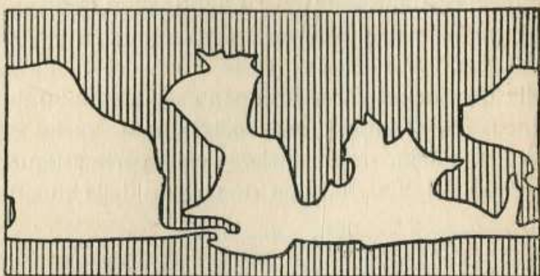


Fig. 6.

di 1400 tese (2600 m. all'incirca), tanto terreno ne emergerebbe che l'area di esso uguaglierebbe quella occupata dal mare.

L'America del Nord sarebbe allacciata all'Asia dallo stretto di Behring da una parte, e dall'altra coll'Eu-

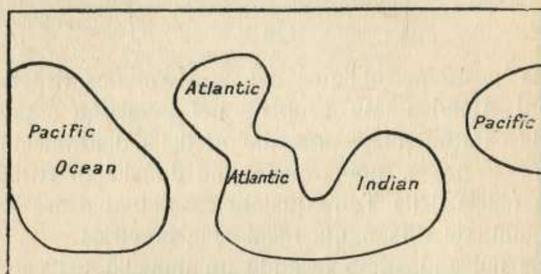


Fig. 7.

ropa, attraverso il Nord dell'Atlantico; e le regioni Artiche farebbero parte dello stesso gran continente.

Il Mediterraneo sparirebbe per modo che l'Africa sarebbe congiunta coll'Europa; mentre l'Australia sa-

rebbe congiunta coll'Asia per mezzo di Borneo. L'America del Sud si stenderebbe all'infuori come un fungo capovolto al Capo Horn, e si congiungerebbe quasi al continente Antartico (Vedere Fig. 6). A questa profondità quindi, il problema matematico è semplificato. La superficie della Terra è divisa in due regioni, continentale l'una, l'altra oceanica, ed esse sono pressochè uguali per superficie. Se noi eliminiamo, smussandole, le irregolarità, noi troviamo la superficie divisa in una regione continentale che è continua, ed in due regioni oceaniche.

Una delle regioni oceaniche è il bacino del Pacifico; l'altra è il bacino riunito degli oceani Atlantico ed Indiano. Un pianeta che esista nelle condizioni che noi abbiamo enumerate, assesterà desso la propria superficie in tal modo? Vale a dire, in parti, delle quali una è al disopra della linea di 1400 tese (m. 2600 circa), ed una al disotto di quella, ed entrambe le quali sono press'a poco questa forma? (V. Fig. 7).

Armoniche sferiche.

Supponiamo adesso che una sfera sia alterata dalla forma sferica. Se, per esempio, essa è appiattita ai suoi poli e rigonfia al suo equatore, allora alcune parti di essa avranno delle unità di elevazione (o plus-aree); ed altre parti avranno unità di depressione (o minus-aree); ed alcune rimarranno inalterate (o zero-aree). Queste quantità varieranno in una maniera regolare sopra la superficie della sfera. Ossia ancora, noi potremmo rimuovere tutto il materiale dalla cuffia sulla cima della sfera A e riportarlo al sud della sfera punteggiata B. Noi produrremmo una sfera uguale a quella originale, ma in una nuova posizione.

Questo sarebbe il più semplice esempio tipico di deformazione. Oppure noi potremmo rimuovere del

materiale dai lati XX di A (Fig. 9) e collocandolo in Y, convertire la sfera in un elissoide.

Quello sarebbe il secondo esempio tipico di deformazione, il modello che s'approssima maggiormente al più semplice, e vi è un metodo matematico di trovare come in questi casi le regioni di elevazione e di depressione saranno regolarmente assestate sulla sfera. Il metodo ci dirà pure come, se una sorta di deformazione è sovrapposta ad un'altra, le re-

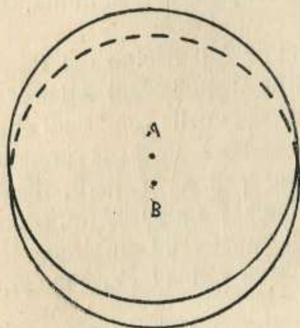


Fig. 8.

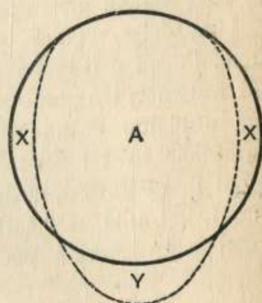


Fig. 9.

gioni di elevazione e di depressione diventeranno nuovamente distribuire. Finalmente esso ci porrà in grado di analizzare ogni distribuzione di regioni di elevazione e di depressione (quale, per esempio, si ottiene sulla Terra), e di dire da quali alterazioni dei modelli tipici, o da quali sovrapposizioni dei loro effetti, essa può essere raggiunta.

Distribuzioni matematiche di terra e di mare.

Facendo ritorno alla più semplice deformazione, l'armonica sferica del primo grado, noi troveremmo che vi sarebbe una divisione di superficie in due emisferi ; uno elevato, depresso l'altro (uno di plus-unità,

l'altro di minus-unità). Ciò che il metodo d'analisi può fare per noi, si è di darci la linea che separerà le due regioni di elevazione e di depressione. Esso ci dirà pure quanto sarà alto il più grande grado di elevazione. Sopra una mappa del mondo disegnata secondo una proiezione di Mercator (cioè colla superficie della sfera sviluppata in un rettangolo piatto) la carta delle due regioni di elevazione e di depressione sarà come nella Fig. 10. La regione centrale della più grande

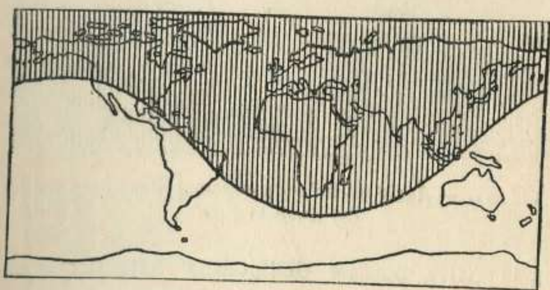


Fig. 10. — Assestamento delle terre e delle acque sopra una sfera deformata del primo tipo.

elevazione abbraccierà il Nord - America, l' Europa, l'Asia, l'Africa, ed il polo Artico in una sola grande area continentale. Tutto il Sud di questo diventa una regione di depressione. Questo modello rappresenta il cambiamento della superficie sulla cima della sfera, o dal lato del fondo della medesima.

Sopra un elissoide.

Consideriamo adesso la deformazione del secondo tipo, quando cioè lo sferoide diventa un elissoide. La distribuzione di aree di elevazione e di depressione diventa ora di un ordine differente. Matematicamente il risultato sarebbe una regione equatoriale di depressione che si espanderebbe a Nord ed a Sud inegual-

mente in parti diverse e che formerebbe una sorta di immenso Mediterraneo, contenente due grandi bacini. Quest'area di depressione giacerebbe tra due regioni di elevazione e le dividerebbe in regione di elevazione Nord e regione di elevazione Sud. Quella Nord oc-

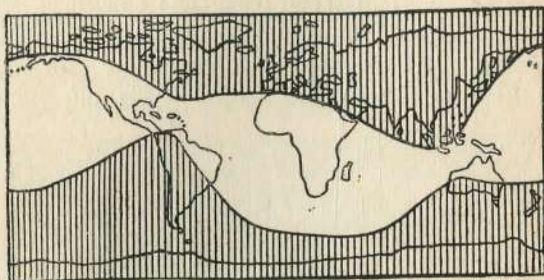


Fig. 11. — Terre ed acque sovra una sfera deformata del secondo tipo.

cupa la parte boreale dell'oceano Atlantico e corre all'ingiù verso l'equatore vicino a Borneo. La regione Sud, di elevazione, occupa la parte Sud del Pacifico, e corre all'insù sino ad oltre l'equatore vicino al Perù. La carta della loro distribuzione è manifesta nella Fig. 11.

Distribuzione mediante rotazione.

Fino a questo punto noi siamo andati considerando i due tipi semplici di distribuzione regolare di materiale che avrebbe luogo: 1° se la massa maggiore fosse trasportata da un emisfero ad un altro; 2° se la forma fosse alterata da una palla ad un uovo. Ora noi veniamo a considerazioni più complicate. Noi abbiamo, per esempio, da considerare l'effetto della rotazione quando esso è congiunto al fatto che la sfera è con un lato preponderante ossia colla cima pesante. Un effetto della rotazione, come noi abbiam veduto,

sarà che le parti di maggiore densità della sfera tenderanno a fuggirsene più lontano dall'asse di rotazione che le parti di densità minore. Se la densità è maggiore in una metà della sfera che nell'altra, l'effetto sarà una sorta di superficie corrugata. Una causa sarà sovrapposta ad un'altra e noi dovremo ora considerare una regolare distribuzione « armonica » di terzo grado. Come potrà la superficie della sfera essere per tal modo simmetricamente divisa secondo questa legge? Prendendo il nostro diagramma oblungo del pianeta, noi vediamo che il primo tipo di distribuzione di corrugamento sarebbe un suddividersi della superficie in zone, depresse ed elevate.

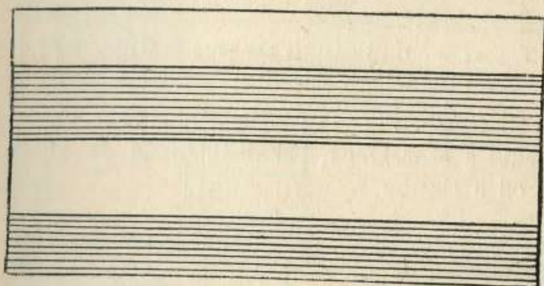


Fig. 12. — Distribuzione armonica di terre ed acque sopra uno sferoide in rotazione.

Dato che gli spazi oscuri rappresentano il terreno, allora noi possiamo immaginarci che con questa distribuzione vi sarebbe più terreno nell'emisfero Nord che in quello Sud; ma vi sarebbe un continente Antartico, e che l'acqua coprirebbe il Polo Nord. Tale sarebbe la più semplice conseguenza della distribuzione effettuata per rotazione.

Ma noi dobbiamo considerare nel tempo stesso una distribuzione armonica tale, quale potrebbe aver luogo se la sfera in rotazione fosse scemata di peso da una parte; ossia, in altri termini, se il suo centro di gra-

vità non coincidesse col suo centro geometrico. Il secondo tipo di distribuzione che tenesse calcolo di questa condizione dividerebbe il diagramma oblungo in una differente sorta di modello. Il modello appare simile ad un assestamento regolare di un piano rico-

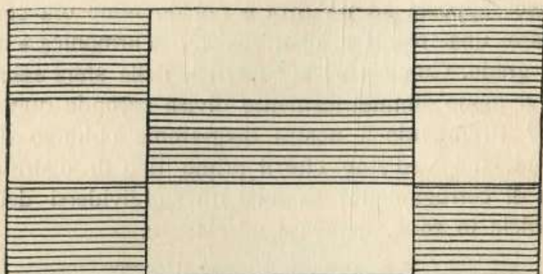


Fig. 13. — Distribuzione armonica di terre e mari sopra uno sferoide rotante di densità disuguale.

perto di tegole (Fig. 13); ed è denominato un assestamento a ***scacchiera***, per distinguerlo da quello a ***zone*** od a cinture.

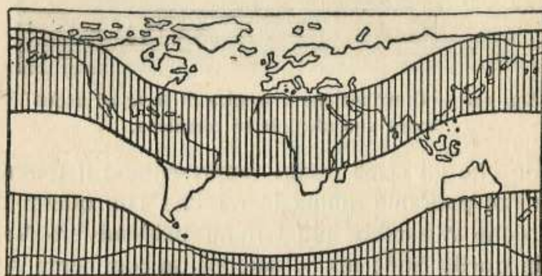


Fig. 14. — Distribuzione reale di terre e di mari sopra uno sferoide rotante, scemo di peso da un lato.

Se noi combiniamo questi due assestamenti, per modo di ottenere una sorta di fotografia composita che rappresenterà gli effetti combinati di rotazione e della posizione eccentrica del centro di gravità, noi

otterremo una superficie corrugata simile a quella della Fig. 14.

Ma nemmeno adesso noi non siamo giunti al termine delle condizioni nostre. Non solamente il nostro pianeta è rotante, non solamente la sua distribuzione di peso è scemata da un lato; ma esso non è una sfera. Esso ha la forma di uovo. Qual sorta di modello ci darà adesso l'assestamento tra di loro delle elevazioni e delle depressioni? Noi perveniamo ad un tipo più complicato di distribuzioni. Noi abbiamo da portare in conto, come per lo passato, che l'uovo è rotante e che quindi le parti più dense sen fuggi-

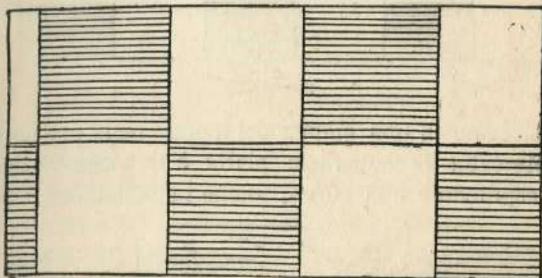


Fig. 15.

ranno dall'asse piuttosto che le parti più leggere; e, come per il passato, noi dobbiamo considerare che il centro geometrico dell'uovo non è al suo centro di gravità. I modelli diventano quindi ancora ulteriormente modificati. Il modello a scacchiera, o simile a tegole, si suddivide non già in sei, ma in otto scompartimenti. Il modello a zone si suddivide in settori ritti, in numero di sei invece di quattro.

Effetti combinati di rotazione, diminuzione di peso da un lato e di deformazione.

L'assestamento di regioni di elevazione e di depressione in tegole, per un uovo roteante, può essere rappresentato come nella Fig. 15.

L'assestamento sezionale potrebbe essere rappresentato dai sei settori della Fig. 16.

[Apparentemente vi è in queste due figure un numero maggiore di quello specificato, di quadrelli (dieci invece di otto) o di settori (sette invece di sei),

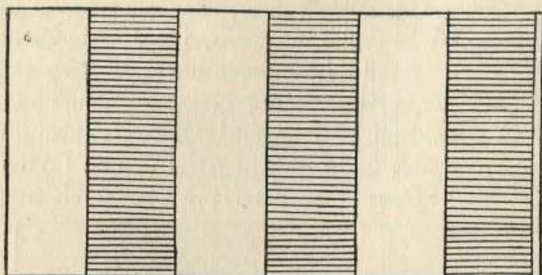


Fig. 16.

ma siccome in una mappa del mondo nella proiezione di Mercator la superficie piatta è una convenzione per esprimerne una curva, anche i quadrelli od i settori all'estrema sinistra o destra si toccheranno l'un l'altro quando la mappa è curvata per formare un cilindro].

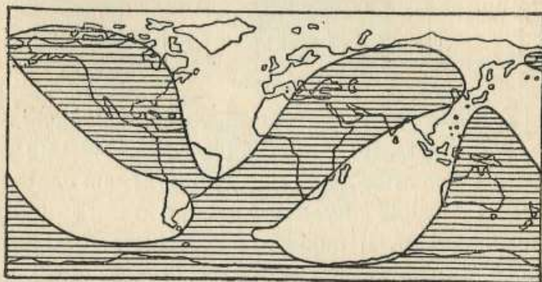


Fig. 17. — Distribuzione di terre e mari sopra un rotante pianeta deformato foggiato ad uovo.

Come noi abbiamo combinato i due tipi di distribuzioni provenienti dalla deformazione della sfera, così

combiniamo adesso i quattro tipi di distribuzione che provengono dalla rotazione e dall'eccentricità dell'uovo. L'effetto combinato di tutte le distribuzioni armoniche di questo terzo grado è dimostrato nella Fig. 17.

Questa figura rappresenta la distribuzione di regioni di elevazione e di depressione quando la sfera è deformata in una forma che è persino meno regolare di un uovo e che rassomiglia ad una grossa pera.

Noi dobbiamo ora chiedere al lettore di chiudere gli occhi suoi per un momento sulle nostre mappe rettangolari, di tentare di vedere il pianeta nella sua forma naturale com'esso va compiendo la rivoluzione sua nello spazio. Egli deve allora immaginare che il picciuolo della pera sia nella parte Sud dell'Australia e comprenda in una regione di elevazione l'Australasia ed il continente Antartico.

Questa elevazione sarà circondata da tutti i lati fuorchè da uno (verso il Sud America) da una zona di depressione, ossia la vita della pera. Questa zona a sua volta sarà circondata da tutti i lati, fuorchè da uno (verso il Giappone) da una zona di elevazione, cioè la parte protuberante della sfera; e finalmente noi troviamo il bocciuolo della pera in un qualche punto dell'Africa: il continente dalla più elevata altitudine media sopra il livello del mare (1). Un altro modo di considerare il pianeta sarebbe di vederlo

---

(1) Il Prof. Jeans (« The Vibrations and Stability of a Gravitating Planet », « Philosophical Transactions », Vol. CCI, A. 1903) nella di lui prima memoria sopra una Terra piriforme collocò Greenwich come il polo o naso della estremità più larga della pera. Egli poscia rinunziò a detta idea in favore di quella del Prof. W. J. Sollas il quale suggerì un punto dell'Africa come un'altra località possibile. L'asse di simmetria della figura piriforme passa attraverso ad un punto di cui la latitudine e la longitudine sono rispettivamente 6° N. e 30° E. e corrisponde al più grande diametro della Terra.

come una superficie di creste e di solchi. Dall'Atlantico del Sud corrono tre creste; una all'insù attraverso le Americhe; un'altra all'insù attraverso l'Africa e l'Asia; una all'ingiù attraverso il continente Antartico. Dal mare del Giappone corrono pure tre solchi, uno all'ingiù attraverso l'Oceano Indiano; un altro all'ingiù attraverso il Pacifico; uno all'insù attraverso il Polo.

Finalmente, prima che noi possiamo giungere alla distribuzione di elevazioni e di depressioni, come esse realmente esistono, noi dobbiamo addizionare insieme tutte le nostre condizioni. Noi non dobbiamo fermarci alla più semplice forma di distribuzione che tien cal-

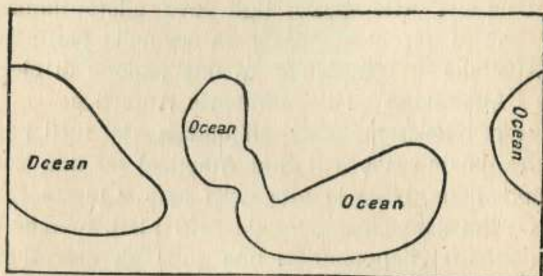


Fig. 18.

colo dello spostamento del centro di gravità della sfera; e noi non possiamo considerare la formazione di creste e di solchi, cagionata dalla rotazione, come un fenomeno che stia da sè isolato. Noi dobbiamo sovrapporre gli effetti rappresentati da *tutte* le varie distribuzioni armoniche di primo, secondo e terzo grado. Quando per tal modo sia stata fatta una rappresentazione composita con tutte le elevazioni e depressioni, noi giungeremo ad una figura teorica in cui sarà fatto vedere come e dove sono situate le regioni di elevazione e di depressione approssimativamente uguali.

Il Prof. Love ha disegnato questa figura (Fig. 18).

Paragonatela adesso colla Fig. 19, che rappresenta

la *reale* figura della Terra alla profondità di 1400 tese (2562 m.). La rassomiglianza tra la figura reale e quella che la Terra dovrebbe assumere teoricamente è certamente molto appariscente. Riguardo ai contorni dei bacini dei grandi oceani la teoria viene confermata dai fatti. Il Prof. Love preferisce di non denominare la Terra foggiata a pera, ma, d'accordo colla teoria che ci siamo sforzati di delucidare, di descrivere la Terra come « un elissoide approssimativo con tre assi disuguali, avente la sua superficie striata secondo la formola di una certa armonica sferica di terzo grado».

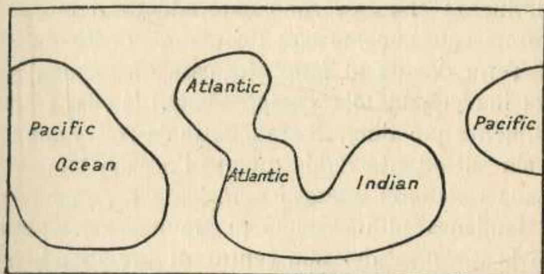


Fig. 19. — (Ripetizione della Fig. 7).

L'aspetto della teoria che è il più necessario di conservare in mente è che essa dimostra come le parti di una palla planetaria, che non è di forme regolari ed il di cui peso è irregolarmente distribuito, possano essere armonicamente assestate. Questa teoria fornisce quindi, per quanto essa concorda con i fatti, una spiegazione semplice, nel campo dinamico, della distribuzione generale delle terre e dei mari. Ciò non è esatto. Per esempio, essa dovrebbe matematicamente fornirci un'idea dell'*ammontare* della depressione e dell'elevazione in varie parti. Qui l'accordo della teoria con i fatti non è altrettanto perfetto. L'elevazione calcolata è troppo piccola nel Sud Africa e

nella metà inferiore del Sud America. Essa è troppo grande nell'Oceano Artico e nel Mediterraneo, che sono entrambi più profondi di quanto essi dovrebbero essere. Vi sono altri esempi in cui l'accordo non è perfettissimo. Ma anche prescindendo dal fatto che il metodo di calcolo ed i dati di elevazione e di depressione sono piuttosto rozzi, deve essere ricordato che vi sono altre cause, oltre a quelle primarie, che hanno formato i continenti e gli oceani.

I periodi di alterazione della forma.

Le cause stesse hanno cambiato circa l'ammontare dell'influenza che esse sono state addotte a produrre. La prima causa, come sarà ricordato, era l'instabilità della Terra dovuta al fatto che essa offriva una resistenza inadeguata alla compressione. Ma la Terra è attualmente più dura. È stato detto da Newcomb che essa sia altrettanto rigida quanto l'acciaio temperato e la sua resistenza adesso è sufficiente per opporsi ad ogni tendenza all'instabilità di gravitazione. Per tal modo la distanza del suo centro di gravità dal suo centro di figura, che fu cagionata da questa instabilità, deve essere riguardata come una sopravvivenza di uno stato passato in cui la resistenza alla compressione era minore di quanto adesso essa sia.

In secondo luogo, dev'essere ricordato che quando noi siamo andati considerando le più complesse distribuzioni di terre e di mari, noi abbiamo trattato le cause secondarie che derivarono da azioni reciproche tra le cause più semplici primarie. Noi dovremo quindi aspettarci che le ineguaglianze dell'ultima sorta fossero più piccole di quelle cagionate dalle grandi disuguaglianze primarie della sfera. Tuttavia, quando esse sono esaminate ed analizzate, non si rinviene gran differenza tra di esse. Noi siamo dunque spinti alla conclusione che le distribuzioni di terre e di mari

che noi attribuiamo alle prime cause fossero effettuate in un tempo in cui queste cause producevano effetti maggiori degli attuali. Ossia in altre parole, le cause stesse sono meno potenti di quanto erano solite ad essere. Se attualmente hanno minor potenza questo può soltanto esser cagionato dal fatto che la sfera stessa sta tuttora in variazione, ed è sempre andata variando. Quello è quanto i matematici ci indurrebbero ad aspettarci.

Sir Giorgio Darwin ha dimostrato che l'irregolarità a foggia di uovo della figura di una sfera deve sparire gradatamente, distrutta da una specie di frizione interna. La stessa cosa può esser detta di una sfera, in cui il centro di gravità sia spostato, se la sfera eventualmente diventa abbastanza rigida. Gradatamente il centro di gravità è ricondotto nuovamente più vicino al centro di figura.

Dei sintomi di tali cambiamenti possono essere ritrovati nella forma della Terra. Per esempio, nella prima distribuzione armonica (che noi immaginammo essere dovuta alla semplice causa primaria dell'esservi maggior peso in un emisfero che nell'altro) noi abbiamo trovato che vi sarebbe stata una sovra-accumulazione grande di terre nelle vicinanze della Crimea. Ma nella Crimea vi sono degli indizi evidenti che dei grandi sprofondamenti hanno avuto luogo, ed essi sono avvenuti in epoche geologiche recenti. Noi potremmo inferirne quindi, che la causa che li produsse è venuta meno od ha scemato di potere.

Le ineguaglianze del secondo grado furono teoricamente cagionate dall'alterazione della sfera in un corpo foggiato ad uovo: e come una conseguenza di quella causa vi dovrebbe essere stato (vedi Fig. 20) un grande oceano centrale, una sorta di immenso Mediterraneo che ricoprisse l'Africa centrale; e vi dovrebbe anche essere stato un continente Nord Atlantico.

Egli è estremamente verosimile che entrambe queste condizioni esistessero. La loro sparizione può essere spiegata colla supposizione che le cause le quali le avevano prodotte fossero diminuite d'intensità. Similmente, in parti del Pacifico del Sud, le distribuzioni cagionate dalla forma di uovo dovrebbero aver prodotto un'elevazione: ma la distribuzione cagionata dalla rotazione ha prodotto una depressione. In altri termini una depressione si è sovrapposta ad un'elevazione. Se le prime cause vanno diminuendo allora noi dovremmo aspettarci di trovare l'effetto della depressione, che domina la situazione: ed è appunto ciò che noi troviamo.

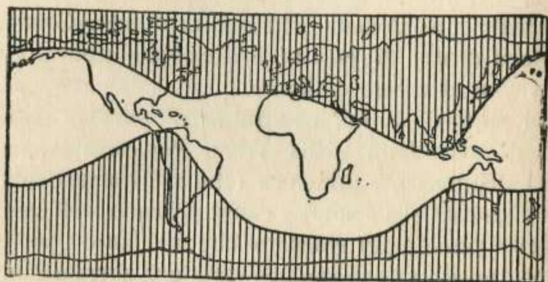


Fig. 20. — (Ripetizione della fig. 11).

La profondità dell'Oceano va gradatamente aumentando in quella regione come ne fanno testimonianza le scogliere di corallo a fior d'acqua. Il Prof. Love ne deduce che le disuguaglianze del primo e del secondo grado (dovute alla forma ed alla posizione del centro) hanno diminuito progressivamente, in paragone delle disuguaglianze del terzo grado (dovute alla rotazione). Il risultato generale di tali cambiamenti sarebbe una diminuzione graduale di profondità e di estensione dei primi oceani; ed un aumento compensatore nella profondità e nell'estensione degli oceani

formati posteriormente. Qualche idea dei cambiamenti per tal modo cagionati può essere ottenuta coll'esaminare un diagramma che dimostra le elevazioni composite e le depressioni cagionate dalla prima e dalla seconda serie di cause; e separatamente le elevazioni e le depressioni cagionate dalla terza serie di cause.

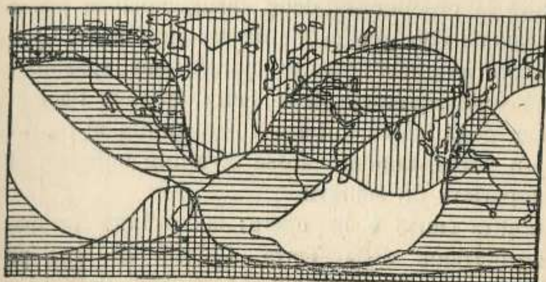


Fig. 21. — In questa figura le elevazioni cagionate dalla prima e dalla seconda sorta di cause sono tratteggiate verticalmente: mentre quelle cagionate dalla terza sorta sono tratteggiate orizzontalmente.

Così si vedrà che le parti profonde dell'Oceano Atlantico che fiancheggiano le coste in ogni dove, dal Brasile ad Ashanti, e le parti profonde dell'Oceano Indiano, sono in una depressione che è stata formata dalla terza serie di cause, sovrapposta all'elevazione dovuta alle primitive serie di cause.

Le parti profonde del Pacifico nel lato occidentale di America sono regioni in cui un'elevazione dovuta alla terza serie di cause è sovrapposta ad una depressione dovuta alle serie primitive di cause.

Quindi noi possiamo forse supporre che negli oceani Atlantico ed Indiano la direzione del cambiamento del mondo possa essere stata tale che l'oceano abbia avuto la tendenza ad invadere poco a poco le terre; mentre sul litorale Americano del Pacifico

l'oceano si è ritirato e le terre si sono estese. Noi dovremmo per conseguenza aspettarci a due differenti tipi di coste nelle due regioni, e noi ve li troviamo.

Vi sono parecchie altre evidenti testimonianze che sembrano sostenere il modo di vedere che le direzioni di variazione del mondo sono state nel senso di diminuire la prominenza delle disuguaglianze primarie in paragone con quelle di una seconda sorta. Queste variazioni avrebbero potuto manifestarsi spasmodicamente sulla superficie della Terra, quando l'accumulazione degli sforzi interni fosse giunta al punto in cui un riassestamento fosse divenuto indispensabile per apportare un sollievo.

Un'altra causa è in opera: la rapidità scemante della rotazione della Terra. Questa da una parte tenderebbe a diminuire l'accumularsi delle acque verso l'equatore, mentre d'altra parte essa deve tendere a raddolcire, coll'abbassarla, la protuberanza propria della Terra, all'Equatore. La riduzione della figura della Terra in questa maniera si esprimerebbe con abbassamenti e susseguenti terremoti nelle regioni equatoriali. Ma l'effetto generale delle due cose agenti insieme sulla distribuzione di continente e di oceano sarebbe quello di esservi dei lunghi periodi in cui l'oceano si avanzerebbe verso i poli, e dei corti periodi in cui esso si ritrarrebbe da quelli.

Il Prof. Jeans (vedi previa referenza) osserva che il fatto dell'essere l'Africa circondata da una cintura di mari, e questa cintura a sua volta recinta da terre prima che sia raggiunto il Pacifico, indica forse un abbassarsi in massa dell'estremità ottusa della pera, che per tal modo sposta il centro di gravità e cagiona il sommergersi della protuberanza del picciuolo. Questo abbassamento tenderebbe a produrre una linea di frattura, che può possibilmente ripetersi nelle catene di

montagne e nelle isole che fiancheggiano il Pacifico, e lunghesso questa grande ripiegatura della superficie della Terra vanno tuttora progredendo dei movimenti attivi, che soventi prendono la forma di terremoti violenti e di eruzioni vulcaniche.

CAPITOLO VII.

L'azione vulcanica.

L'acqua come agente plasmatore - Le roccie le più antiche - Sforzi della Terra - Moti vulcanici verso l'esterno - La teoria esplosiva dei terremoti - Linee di debolezza sulla crosta della Terra - Vulcani e movimenti della crosta - Classificazione di lave.

Fino a questo punto noi abbiamo intrapreso a considerare il corpo del pianeta, il suo interno e la sua più intima costituzione. Egli è ora necessario di ricercare quali cambiamenti furono prodotti sulla sua superficie e nella sua crosta esteriore dagli agenti che furono all'opera mentre la sua forma generale e la sua massa erano rozzamente stereotipate. Simili agenti, alcuni dei quali grandi, altri più grandi, ed altri meno sono tutt'ora al lavoro. Vi è l'alterazione prodotta dall'acqua; e l'alterazione prodotta da quell'azione combinata di gaz e di calore che risulta dall'azione vulcanica. Vi sono le variazioni prodotte dall'aria: dal caldo e dal freddo; e dalla presenza di vegetazione e della vita organica in generale.

L'acqua come un agente plasmatore.

Noi possiamo supporre che l'acqua esistesse sulla Terra prima che la Terra avesse raggiunto il suo completo sviluppo, oppure avesse cessato di appropriarsi i frammenti planetarii, scopandoli via con se sul suo percorso. Quest'acqua esisteva forse prima di tutto in innumerevoli piccoli laghetti; e l'acqua e l'aria pertanto modellavano la faccia della Terra, tal

quale com'essi fanno ai giorni nostri, ben anche prima che questa avesse finito di svilupparsi. L'acqua che detergeva la faccia della Terra portava via porzioni della pelle di essa nelle cavità dei laghi e nei futuri bacini oceanici. Ma l'acqua, avente in soluzione dell'acido carbonico (a mo' d'esempio) intacca gli alcali e principalmente le terre alcaline; e così porta via alcune porzioni della superficie rocciosa più prontamente di alcune altre. La Terra detersa dalla pioggia, quindi, perde del peso specifico mentre essa acquista in acidità. Quest'azione selettiva ha cominciato primitivamente nella storia della Terra; e persino mentre il pianeta andava sviluppandosi, alcune porzioni della sua crosta andavano diventando più pesanti, ed altre diventando più leggere.

Il peso specifico delle aree di terreno scoperto venne ad essere più piccolo di quello delle aree sommerse dalle acque.

Quella era un'influenza che andava plasmando la superficie della Terra, e chiaramente il suo effetto era cumulativo, cosicchè gradatamente le aree di acqua crebbero maggiori e più profonde e le aree di terreno divennero più strette e più elevate. Ed è stato relativamente tardi nella storia del mondo che l'equilibrio tra di loro è stato stabilito.

Noi dobbiamo pel momento tralasciare di considerare in quale epoca la vita sia per la prima volta apparsa sul pianeta; ma quando essa fu stabilita, lo sviluppo della vegetazione deve avere grandemente modificato il carattere dell'atmosfera e per tal modo una nuova influenza modificatrice è entrata in giuoco. Ma, sebbene col sopraggiungere delle piante e degli animali i fattori produttori di ricambio fossero tutti ormai presenti, le funzioni che essi adempivano non erano necessariamente le stesse come quelle che essi adempiono ai giorni nostri.

I primi gradi dello sviluppo del pianeta furono contrassegnati dapprima col predominio di un agente, e poscia col predominio di un altro. Il primo agente che siasi affermato il più fortemente è stata l'azione vulcanica.

Prima epoca vulcanica.

Non è provato che noi possiamo considerare il primo periodo come il massimo tra i periodi di attività vulcanica nella storia del pianeta; sebbene questa supposizione sia plausibile. Essa è una supposizione che tratta di uno stato di cose nella Terra, che non può essere esaminato. Vi sono delle ragioni di supporre che dei periodi di attività vulcanica mondiale, durante i quali fossero vomitate delle roccie ignee o nate dal fuoco, abbiano avuto luogo non solamente una volta, ma a parecchie riprese nella storia del pianeta. Per esempio, un esame delle roccie antiche della Gran Brettagna palesa non meno di sei periodi di attività ignea; e non vi è nulla nell'apparenza di queste successive eruzioni che possa giustificare l'idea che vi sia stato un qualsiasi declinare di energia vulcanica (1) sulla Terra. Vi esistono anzi alcuni serî motivi per ritenere che l'era presente sia una di quelle in cui l'attività vulcanica e lo sgorgare di materiale di roccie ignee siano una caratteristica cospicua. Talchè, lungi dall'essere il pianeta in uno stato di quiescenza crescente, esso può approssimarsi ad un periodo di attività maggiore.

Allo scopo di illustrazione, tuttavia noi possiamo presumere che la prima grande êra vulcanica abbia avuto luogo mentre la Terra andava ancora accrescendosi mediante addizione dall'esterno. Il pianeta,

(1) « The Natural History of Igneous Rocks, » di Alfredo Harker (Methuen) 1908.

per la pressione crescente delle sue parti, andava accumulando calore al suo centro ed intorno alle sue regioni centrali. Questo calore andava propagandosi verso le zone dove minore era la pressione, ed andava liquefacendo quelle roccie che potevano esser liquefatte. Quest'azione giunse ad un culmine, e le roccie ignee traboccarono fuori sulla superficie della Terra, sommergendo i massi che tuttora cadevano sulla Terra dal di fuori ed obliterando gli effetti loro. L'acqua era presente sulla Terra e le esplosioni vulcaniche dovute all'azione del vapore erano presumibilmente molto grandi per estensione e per effetti, ed erano frequentissime; e questi effetti erano smisuratamente più grandi di quelli elaborati dall'aria o dall'acqua, non accoppiate col calore. In breve, è stato supposto che questo periodo di energia vulcanica, oppure di attività ignea, fosse non dissimile dalle eruzioni lunari di cui la superficie della Luna ancora reca testimonianze. Le eruzioni erano differenti per estensione e per violenza; ma esse ebbero, come sulla Luna, l'influenza predominante nel modellare la faccia della Terra. Egli è inoltre stato supposto che, mentre queste grandi eruzioni ignee ed i crateri ed i crepacci da cui quelle procedevano, sono state di poi mascherate dal successivo sviluppo della Terra, e dall'azione dell'aria, dell'acqua, e della vegetazione, tuttavia ancora nelle linee di apparente debolezza che esistono tuttora sulla crosta della Terra, noi possiamo rinvenire alcune vestigia di quelle. Vi è, per esempio, un gran crepaccio che viene alla superficie in varie località: nell'Oriente dell'Asia e nell'Africa occidentale, e che si distende dal Mare Morto al Lago Nyassa, e raggiunge così la lunghezza di 3500 miglia (5600 Km.) (1).

(1) W. H. Pickering, « Lunar ed Hawaian Physical Features Compound » (« Memoirs of American Academy, » Vol. XII, Pt. IV,

Le roccie le più antiche.

Secondo il modo di vedere che noi abbiamo qui esposto, la formazione della lava di questo periodo di predominio vulcanico è considerata come costituente la base della roccia sotto-giacente su cui tutte le successive roccie stratificate furono disposte. Questa primitiva massa di roccie è stata denominata il « complesso Archeano », sebbene sia convenuto che queste fondazioni di roccie che sono esposte allo sguardo e che sono considerate come le più antiche roccie primitive, siano ancora la discendenza del periodo posteriore di questa azione vulcanica della prima età. Tanto nel vecchio mondo come nel nuovo, le più basse formazioni di roccie che siano accessibili, le quali possono essere collocate in un qualche ordine di cronologia geologica, erano originalmente fiotti di lava superficiale. Queste formazioni sono compenetrate da enormi inserzioni o intrusioni di granito e di altre roccie. Egli è questa massa di fiotti di lava, di roccie intrusive, tutte contorte, raggrinzate, stiracchiate, ed alterate dal calore, che costituisce il vasto complesso Archeano.

---

pag. 177-8). « Si pensa generalmente che i vulcani terrestri siano situati lungo crepature sotterranee che non pervengono sino alla superficie. I vulcani della grande catena delle Ande sono situati lungo una crepatura diritta dal Perù meridionale alla Terra del Fuoco, lunga miglia 2500 (4000 Km.). I vulcani delle isole Aleutiane stanno lungo una traccia curva ugualmente lunga.... Vi è una crepatura che giunge alla superficie in varie località dell'Oriente dell'Asia e dell'Africa occidentale, e che si estende dal Mare Morto al Lago Nyassa, e raggiunge l'enorme lunghezza di 3500 miglia ». Tschermak ha detto che le condizioni per le eruzioni di roccie ignee sono realizzate solamente durante un certo periodo nella storia di un pianeta, un periodo attraverso il quale la Terra sta ora passando mentre la luna ha vissuto già oltre ad esso.

La superficie originale del globo quando l'azione vulcanica e le eruzioni ebbero principio, era molto al disotto della superficie presente, perchè lo sviluppo della Terra era ben lungi dall'essere completo.

Chamberlin e Salisbury credono che la prima superficie vulcanica possa essere situata tanto come tra 1200 e 1500 miglia al disotto della superficie presente (da 1920 a 2400 Km.).

Sforzi della Terra.

L'aspetto raggrinzito e contorto di quelle roccie Archeane, non può essere semplicemente attribuito al fatto che esse sono di origine ignea, e che per conseguenza esse ribollirono in tal guisa da assumere queste forme caratteristiche.

Alcune delle roccie Archeane, come può esser veduto nelle ripiegature degli strati nelle montagne, mostrano segni di essere state compresse da entrambi i lati: altre sembrano di essere state stiracchiate, lacerate e divise quasi dalla tensione della crosta della Terra. Donde sorsero, in primo luogo, le forze che produssero queste configurazioni?

Un modo ingegnoso di spiegarle si è di rappresentarsi la Terra composta di grandi settori come gli spicchi di un'arancia. Sulla faccia esterna di uno di questi sta un continente. Su quello vicino giace un oceano. Ora se i settori continentali e quelli oceanici tutti si restringessero ugualmente in tutte le loro parti, allora ciascun settore profonderebbe nel suo proprio spazio e non vi sarebbe nessun ammassamento disuguale. Ma se essi sprofondarono disugualmente — se per esempio i settori oceanici, a cagione del loro maggior peso, sprofondarono prima — allora noi possiamo vedere che i cunei oceanici premerebbero contro i cunei continentali. Ed ancora, se i cunei stessi si restringessero disugualmente, le parti esteriori dei settori oceanici

potrebbero essere immaginate come cacciantisi contro le parti esterne dei settori continentali ancora più fortemente. L'antecedente spiegazione è evidentemente incompleta, ma essa fornisce una veduta dell'azione meccanica possibile, mediante la quale le spinte e le trazioni si stabilirono durante l'operazione, per gli effetti delle pressioni variabili, e per il trasporto di calore dall'interno della Terra verso l'esterno.

Un'illustrazione ulteriore delle cause possibili di corrugamento e di deformazione delle roccie ci è data da una rappresentazione della crosta esteriore della Terra come una cupola. Una cupola di roccia corrispondente alla forma della Terra, e fatta di dura pietra granitica pesante 180 libbre per piede cubico (cioè kg. 2900 per m. c.) ed avente una forza di schiacciamento pari a 25000 libbre per pollice quadrato (cioè kg. 1770 per cent. quad.) se non fosse sostenuta dal disotto sarebbe totalmente incapace di sopportare il suo proprio peso. Essa non potrebbe sostenere neppure una cinquantesima parte di quel peso, e piomberebbe immediatamente all'interno. Il principio della cupola è tratto in gioco ogni qualvolta che un guscio interno ha la tendenza a restringersi allontanandosi da un altro più esterno che non si restringe. In questo caso vi è una superficie più esterna libera, ed una superficie più o meno non sostenuta dal disotto verso la quale è possibile un movimento. La cupola può dunque soccombere o per schiacciamento o per incurvamento. Ma dove lo spessore di una cupola è grande, e quando per esempio noi abbiamo da considerare una cupola che è altrettanto larga quanto un continente, oppure come il letto di un oceano, allora essa non può muoversi con tutta libertà sul suo lato inferiore. Quindi quando la cupola deve assestarsi con una forma nuova — quando essa deve adagiarsi sopra un nuovo fondamento — vi saranno

sforzi grandi che si esercitano attraverso ad essa tutta; e vi saranno alcune regioni dove la pressione è estremamente grande su tutti i lati. La parte più interna di un pianeta può solamente restringersi lentamente, ed essa probabilmente si restringe con una ragione pressochè la stessa, ed in un modo pressochè identico dovunque. Quindi le pressioni e gli sforzi che il suo restringimento cagiona nella cupola sono probabilmente simultanei, e sono sentiti sopra larghe aree. Per questo modo vi sarà un movimento comune della crosta a foggia di cupola verso quei posti dove la resistenza è minore.

Questi posti si troveranno sui bordi, o presso ai medesimi, dei continenti, poichè colà la superficie è di già piegata ed indebolita dal cambiamento dalla Terra al mare, e dalla discesa dalla superficie terrestre al fondo dell'oceano. Degli altri posti deboli vi saranno dove sono stati depositi profondi di sedimento, tali come potrebbero accumularsi alle bocche dei grandi fiumi, oppure su rapidi pendii sottomarini.

Ci dobbiamo rammentare che l'esistenza di qualsiasi territorio scoperto dipende del tutto dalle ineguaglianze della superficie del pianeta. Se la Terra fosse una palla perfettamente liscia essa sarebbe ricoperta per ogni dove dagli oceani suoi per un'altezza di circa due miglia (m. 3200). Non solamente le ineguaglianze sono necessarie all'esistenza delle terre: ma queste ineguaglianze devono essere rinnovate di tanto. Mentre non avviene un tale rinnovamento, il mare invade a poco a poco le più basse parti dei continenti, movendosi lentamente e costantemente verso di essi colla prospettiva di sommergerli. Di poi interviene l'impedimento, il rovescio, e gli oceani si ritirano più completamente entro i loro bacini, mentre i continenti si sollevano e stanno più arditamente in rilievo. A questi grandi movimenti periodici, od oscil-

lazioni della superficie del mondo noi abbiamo già dianzi accennato. Essi lasciano la loro impronta nello schiacciamento e nel piegamento delle roccie ; e questi modi di piegamento sembrano aver avuto una prevalenza straordinaria negli annali geologici primissimi, i quali noi possiamo leggere, perchè le roccie Archeane sono quasi universalmente raggrinzate, e spesso in ogni sorta di maniera. Non vi è indizio che il ripiegamento fosse allora limitato ai bordi dei continenti: sembra, al contrario, che esso abbia influenzato l'intiera superficie del paese. Noi possiamo metter innanzi l'ipotesi che nei tempi Archeani il raggrinzamento abbia avuto luogo molto più frequentemente. Nella più recente storia del pianeta, quando le grandi roccie sedimentarie, gli schisti, i calcari, le puddinghe e le arenarie furono depositate, il corrugamento sembra aver avuto luogo piuttosto ad intervalli lunghi, contrassegnando per tal modo delle grandi divisioni di tempo. Questi raggrinzamenti più recenti sono, come noi dovevamo aspettarci dalle supposizioni di già fatte, principalmente limitati a quei posti di maggior debolezza nella crosta della Terra.

Moti vulcanici verso l'esterno.

Noi dovremo poi far ritorno al considerare questi processi quali agenti di fabbricazione di montagne. Tuttavia presentemente noi possiamo proseguire nel nostro esame dell'azione vulcanica nel suo contribuire alla struttura ed al carattere della crosta planetaria. I grandi movimenti che producono un raggrinzamento sono per ipotesi risultati dalla caduta verso l'interno della crosta. I movimenti vulcanici sono considerati, al contrario, come movimenti verso l'esterno — sebbene sia affatto evidente che per ogni libbra di materia mossa verso l'esterno un'altra libbra debba muo-

vere verso l'interno. Tenendo a mente questo, noi possiamo dividere l'azione vulcanica in due specie, l'azione vulcanica che può essere veduta alla superficie della Terra, e quella che, sebbene non sia veduta, và procedendo al disotto. Il pianeta, nel suo sforzo per concentrare se stesso verso il suo centro, spinge il suo materiale più pesante verso il centro, più forzatamente di quanto non spinga il materiale più leggero. Sia che la materia sia liquida oppure sia dessa solida, questo deve sempre aver luogo, i costituenti più pesanti cacciandosi all'ingiù, i più leggeri essendo differenzialmente spinti all'insù. Nello stesso modo dove vi sono differenze di pressione o di sforzo nelle roccie la materia più leggera o più mobile tenterà di scorrere via dalla regione dello sforzo più più grande verso quella dove esso è minore. Il materiale più mobile prende il percorso di resistenza minima. Quindi la porzione dell'interno della Terra che diviene fluida va sempre muovendosi verso l'esterno. Alcune di queste porzioni, come noi abbiamo veduto, non giungono mai alla superficie, ma si cacciano nelle roccie della crosta e si rapprendono. Esse sono dette roccie *intrusive*. Altre porzioni giungono alla superficie e prorompono o scorrono fuori, e diventano roccie *estrusive*. Le roccie intrusive trovano la strada loro nelle fessure e diventano *dicchi*; nei passaggi simili a camini esse vi formano *pilastri* o *pitoni*, come la famosa spina od ago che fu forzata come un'asta di stantuffo sul monte Pelé.

Se la lava si solidifica entro altri letti di roccia essa vi forma dei *filoni-strati*; ed essa assume altre forme conosciute come *laccoliti* e *batoliti* — quando essa è ammassata in grandi quantità nel sottosuolo.

Quando la roccia fusa raggiunge la superficie essa prorompe o sgorga all'infuori. È molto più facile che essa sgorghi, quando vi è una grande fessura attra-

verso alla quale essa può trovare un passaggio non ristretto. Le stupende colate che sono familiari ai geologi appaiono aver fatta l'apparizione loro il più delle volte in questa guisa. Le principali eruzioni da fessure delle recenti epoche geologiche sono i vasti straripamenti basaltici d'Islanda. Più addietro, nei tempi Terziari, vi fu uno straripamento nell'Idaho, nell'Oregon, nel Washington, pel quale circa 200.000 miglia quadrate (circa 520.000 Km. q.) furono coperte da strati successivi di lava ad una profondità in alcuni posti di 2000 piedi (circa 600 m.). Prima ancora, nel periodo Cretaceo, vi furono inondazioni di lava che copersero la regione conosciuta col nome del Deccan, nell'India, ad una profondità tra i 4000 ed i 6000 piedi (tra i 1200 ed i 1800 m.). Ancor più anticamente, nel periodo anteriore a quello Cambriano, un'emissione di lava ancora maggiormente prolungata coperse pressochè tutta l'area del bacino del Lago Superiore (U. S. A.) e si estese oltre ad essa, fabbricando una serie di roccie vulcaniche di 20.000 piedi di spessore (6000 m.). In tutti codesti casi vi è poca evidenza di azione esplosiva o di altra azione violenta — pochi giacimenti di ceneri, o scorie. Noi possiamo quindi supporre che la lava scaturisse fuori e si spandesse con scorrevolezza sulla superficie circostante. Le massiccie colate di questa specie, sebbene esse abbiano sempre lasciato traccie più cospicue di quelle d'ogni altra forma di azione vulcanica, non sono di gran lunga il tipo più dominante. Il vulcano locale in cui la lava è forzata all'infuori attraverso a brevi condotti, o forse attraverso a corte fessure, è adesso il più frequente esempio di azione ***estrusiva***.

A metà strada tra questi due tipi di azione vulcanica, e quell'altro tipo in cui la lava semplicemente s'introduce in altre roccie, è un tipo nel quale la lava sembra venire così prossima alla superficie senza ve-

nirne fuori, che essa sviluppa delle forze esplosive, sebbene nessuna lava venga alla luce.

Presentemente il numero dei vulcani più attivi sulla superficie della Terra è forse di 350. Nel periodo al quale noi assegniamo le roccie Archeane, è possibile che la Terra fosse fittamente bucherellata da piccoli spiragli come ci appare adesso essere la Luna: ma nelle età tra quel tempo ed oggidì la distribuzione dell'azione vulcanica sopra la superficie sembra di essere stata in modo generale pressochè identica a quella del tempo presente. Non vi è alcunchè per dimostrare che abbia avuto luogo un costante declinare dell'azione vulcanica, sebbene vi siano dei segni che essa sia sorta e poi sia cessata, risorta e cessata di nuovo un'altra volta.

La teoria esplosiva dei terremoti.

Un tentativo ingegnosissimo è stato fatto da un matematico, il Dott. T. J. See (1), dell'Osservatorio Navale degli Stati Uniti dell'America del Nord, in California, per dimostrare che le stesse cause, le quali producono delle eruzioni vulcaniche entrano pure nella formazione di montagne, e che tanto le une quanto l'altra provengono dall'infiltrazione di acque degli oceani, mari, e laghi negli strati caldi sotto la buccia della Terra. Allora l'acqua venendo a trovarsi in un ambiente riscaldato dà origine a vapore, e per tal modo mette in azione delle forze che possono subitaneamente produrre delle eruzioni vulcaniche, o che dopo di essere rimaste latenti per lunghi

(1) « The Cause of Earthquakes, Mountain Formations, and Kindred Phenomena connected with the Physics of the Earth », di T. J. J. See (« Proc. of American Philosophical Society, » Vol. XLV (1907), pag. 274 e seg.). Altre memorie sullo stesso argomento: Vol. XLVI (1907), pag. 369 e seg.; pag. 190 e seg.; Vol. XLVIII (1908), pag. 157 e seg.

periodi possono dare origine a terremoti od anche a moti della Terra più decisivi.

Questa è forse la più antica di tutte le opinioni ragionate circa le cause dei vulcani o dei terremoti; ed è stata denominata la teoria esplosiva dei movimenti della Terra. Il Dott. See coordina molti fatti per sostenere la risurrezione di questa teoria. I vulcani sono al più sovente trovati lungo linee di coste dove una contrada montagnosa discende rapidamente sino alle grandi profondità dell'oceano — come lo attestano le Ande; o gli altipiani del Giappone in prossimità delle grandi profondità del Pacifico; oppure ancora il Vesuvio e l'Etna sui bordi del Mediterraneo. Queste sono pure regioni in cui i tremiti dei terremoti si fanno il più frequentemente sentire. Noi dovremmo ricorrere nuovamente a questa teoria quando parleremo delle cause dei terremoti: ma la sua applicazione speciale a questo punto si è che il Dott. See si sforza di spiegare mediante quella la fabbricazione di catene di montagne.

Sotto l'azione delle grandi pressioni nell'imo fondo dei mari profondi, egli suppone che l'acqua penetri nelle roccie e giunga a considerevoli profondità nella superficie della Terra. Colà essa è trattenuta ed assorbita dai materiali sotto grandissime pressioni e ad alte temperature. In condizioni favorevoli quest'acqua altamente riscaldata diventa vapore esplosivo e produce un terremoto. E l'effetto suo è anche assai maggiore; esso solleva una parte del letto dell'oceano. Allora avviene uno spostamento di materiale, l'acqua affluisce nella cavità prodottasi: e maggior quantità di lava è iniettata sotto alla superficie del letto dall'altro lato della cavità. Realmente, sebbene non metodicamente, queste continue esplosioni di vapore producono una trincea col materiale scavato, che s'innalza da ciascun lato di essa. Se la lava che è cacciata al disotto del

letto in cui è scavata la trincea o la cavità, muovesi verso il mare, una nuova giogaia di montagne sottomarine può ivi essere costruita gradatamente. Il Dottor See considera la giogaia delle isole Aleutine, tra l'America del Nord e l'Asia, come un esempio di questo genere. Se la lava è cacciata verso le terre, la crosta viene rialzata, o le montagne sono ancora maggiormente sollevate.

Se la lava è iniettata in ambedue i modi sarebbero prodotte delle catene parallele di montagne, ed i mari in definitiva sarebbero svuotati al difuori della trincea tra quelle catene comprese.

Le obbiezioni all'ipotesi del Dott. See sono che noi non abbiamo nessuna giustificazione per presumere un'infiltrazione continua all'ingiù alle grandi profondità a cui si ritiene che il maggiore numero dei terremoti abbia origine; e noi non sappiamo se l'acqua assorbita e diffusa nelle roccie a grandi profondità avrebbe proprietà esplosive.

Egli è necessario, allo scopo di spiegare le esplosioni, di immaginare qualche altra causa che modifichi la pressione nelle roccie in cui quest'acqua è trattenuta in assorbimento. Per dirla in breve, citando le parole del Dott. C. G. Knott (1), l'esplosione del vapore è un effetto di cause che hanno una sede più profonda, le quali diminuiscono la pressione in punti deboli. Questo è un premere il grilletto, e la forza esplosiva, che è stata latente, vien posta in libertà.

Altre obbiezioni più generali all'idea che i vulcani siano essenzialmente connessi colle esplosioni di vapore sono che i vulcani non sono distribuiti ugualmente o proporzionalmente attorno agli oceani come se fossero dipendenti da quelli. Il Pacifico è l'esempio più favo-

---

(1) « The Physics of Earthquake Phenomena, » di C. G. Knott (Clarendon Press), pag. 271.

revole: ma vi sono molti vulcani attorno al Mediterraneo, che non è una grande massa di acqua, e che alimenta, come noi potremmo dire, una quantità ben maggiore di vulcani relativamente che non l'Atlantico. Non vi è, questo è vero, vulcano alcuno nell'interno dell'Asia e dell'Africa; ma ve n'erano una volta.

Linee di debolezza nella crosta della Terra.

È stato più plausibilmente allegato che tanto gli antichi vulcani quanto quelli recenti sono distribuiti lungo linee antiche di debolezza nella crosta del Pianeta; o lungo quelle porzioni della crosta che sono state sottoposte a notevoli cambiamenti di posizione. Una grande cresta mondiale si estende dal Capo Horn, la parte la più meridionale del Sud America, all'Alaska nel Nord America; ed essa è di poi continuata lungo la costa orientale dell'Asia.

Questa cresta è contrassegnata da cima a fondo con vulcani attivi o con quelli che sono estinti da poco tempo. Vi è poi la linea ondulante di corrugamenti di montagne che borda il Mediterraneo e si estende verso Est alle isole della Polinesia. Quella abbraccia pure notevoli tratti vulcanici. La regione vulcanica nelle vicinanze della Giamaica (regione delle Antille) giace dove l'angolo meridionale dell'ammasso continentale dell'America del Nord forma l'angolo settentrionale dell'ammasso continentale dell'America del Sud; e dove pure le profondità dell'Atlantico del Nord s'approssimano agli abissi del Pacifico — separati solamente dall'Istmo di Panama.

Di nuovo i vulcani della regione Giava-Filippine giacciono dove l'Asia proietta una lingua verso l'Australia, e la regione separa appunto le profondità del Pacifico da quelle dell'Oceano Indiano.

La regione dell'Islanda è un punto tra i segmenti continentali dell'America del Nord e dell'Europa da un

lato, e le profondità degli oceani, Atlantico ed Artico, dall'altro lato. La regione vulcanica della Nuova Zelanda è situata ad un consimile « quadrivio », considerando i continenti Australiano ed Antartico ed i segmenti degli oceani Pacifico e del Sud.

Quasi tutte queste aree vulcaniche hanno due segmenti di terre da un lato di esse, e due segmenti di oceano dall'altro lato. La teoria delle « linee di debolezza » per tal modo spiega il raggruppamento di un buon numero di vulcani. Ma ve ne sono molti altri lasciati al di fuori di questo assestamento, e ve ne sono di codesti a sufficienza per supporre che la loro attività non sia intieramente dipendente da qualsiasi causa che noi possiamo osservare sulla superficie. Codeste condizioni di superficie possono veramente modificare l'azione e la distribuzione dei vulcani; ma la causa attuale di essi trovasi al disotto della crosta ed al di là dell'influenza persino dei movimenti di quelle parti che il Prof. Chamberlin ha denominato i segmenti maestri della crosta della Terra.

Vulcani e movimenti della crosta.

Egli è veramente difficile di trovare una qualche causa apparente per noi nella natura o nei movimenti della superficie della Terra, che spieghi soddisfacentemente la distribuzione dei vulcani. Egli è stato supposto che la Terra andasse diventando meno appiattita ai poli via via che diminuisse la sua rapidità di rotazione; e che questo potesse cagionare degli sforzi sulla crosta all'equatore ed ai poli del pianeta, i quali sforzi cagionerebbero l'azione vulcanica. Ma non vi sono fatti evidenti per sostenere questo modo di vedere; ed il fatto che alcuni vulcani sono situati in linee curve ed alcuni in linee diritte, ed altri in gruppi irregolari, è un'altra ragione per rifiutarsi di riferire la causa primaria di essi ai movimenti della crosta.

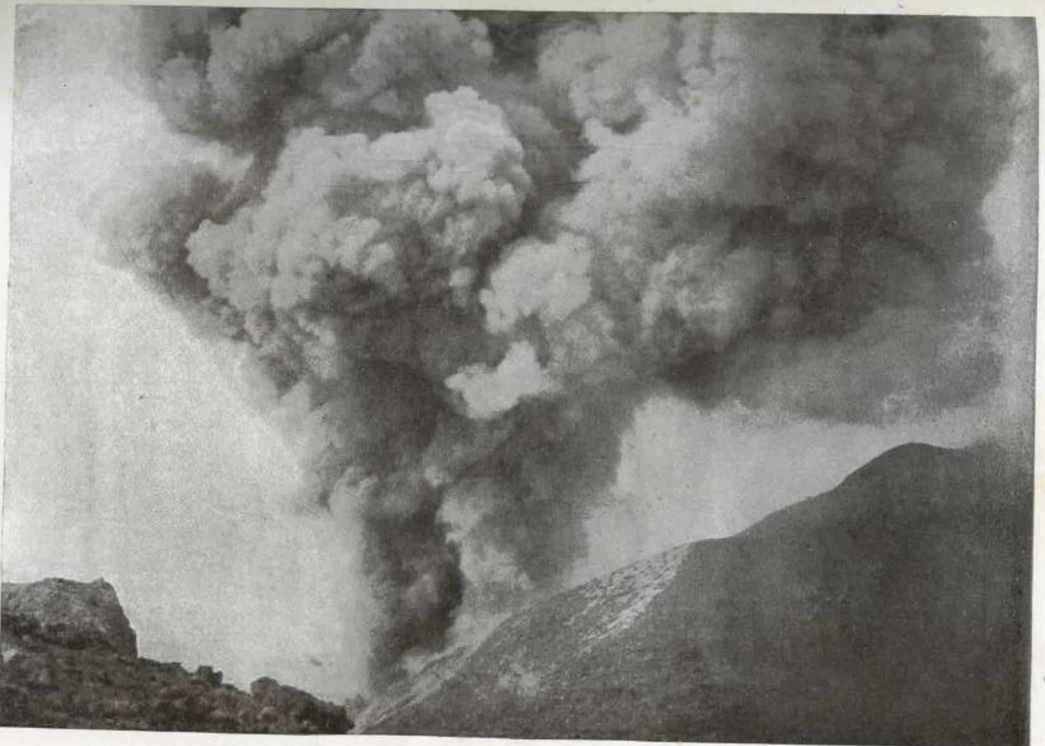
Alcune osservazioni hanno prestato appoggio alla supposizione che, dove vi sono vulcani attivi, la regione attorno ad essi sia in sollevamento. Il Dott. See si è servito del sollevamento evidente dell'area della costa ovest dell'America del Sud per rafforzare la sua teoria che la lava sia iniettata sotto questa regione montagnosa. Carlo Darwin ha richiamata l'attenzione sulle spiaggie innalzate in molti punti lungo quel littorale; ed esse mostrano, sia che le terre vanno innalzandosi, sia altresì che qualche bacino oceanico vada affondandosi nella vicinanza di quelle.

Sir Thomas Holditch, i cui viaggi nella parte meridionale dell'America del Sud sono recenti, ha osservato che laddove vi sono spiaggie innalzate in appoggio al concetto del sollevamento delle terre, ancora a molti punti le reliquie di foreste sono affondate al disotto del mare, indicando per tal modo la depressione delle terre; e le di lui osservazioni sono state confermate da altre investigazioni. Sembra il più verosimile che tanto nelle regioni vulcaniche antiche quanto in quelle attive, le aree possano andare in parte affondandosi ed in parte sollevandosi, e che il movimento dell'uno e dell'altro genere sarà connesso coll'espulsione di lava (1).

Classificazione di lave.

Altre quistioni sono suggerite da un esame delle lave espulse. Non sarebbe forse possibile di classifi-

(1) Il Capitano G. H. Lyons ha dimostrato che vi è un movimento frequente e differenziale di grandi masse di regioni, attraverso la regione immediatamente circostante al Lago Victoria, il qual movimento dura più di parecchi anni, ed è percettibile principalmente a Nord-Est ed a Nord-Ovest del Lago (« The Physiography of the Nile River and its Basins, » Stamperia Nazionale del Cairo, 1906, « The Rains of the Nile Basin and the Nile Flood of 1908 », di Captain H. G. Lyons, F. R. S., Survey Dep. Papers, No 14, Cairo, 1909).



Lo Stromboli al 20 Aprile 1904: illustrazione di una esplosione del tipo « Vulcanico »
(Da una fotografia del Dott. Tempest Anderson)

care le sorta di lava per giungere a qualche conclusione rispetto all'origine loro ed all'età loro? Così, attraverso a tutta la cintura costiera delle Ande tutte le roccie vulcaniche sono somigliantissime tra di loro; laddove nel piccolo gruppo Mediterraneo di isole vulcaniche vi sono delle varietà di lava che sono ampiamente differenti e che appartengono a tipi specializzati. Le lave non sono semplicemente delle roccie fuse. Esse sono piuttosto dei minerali disciolti in altri minerali; ed in questa loro mutua soluzione vi entrano pure dei gaz. Quando noi andiamo trattando di metalli come il ferro ed il rame noi sappiamo che essi si solidificheranno nel raffreddarsi a temperature definite, perchè essi fondono a temperature definite. Ma tali leggi non possono essere applicate sistematicamente alle lave. Molto spesso esse si raffreddano come materia liquida che congela — specialmente se esse sono raffreddate subitamente — ma il più delle volte le soluzioni miste che le costituiscono cristallizzano solidificandosi secondo le leggi di soluzione, che non sono le stesse come quelle che concernano la fusione e la temperatura.

La temperatura delle lave è altresì un argomento di congetture. Si sa da osservazioni che essa è più alta di quella dell'argento e del rame ai loro punti di fusione; ed è probabilmente giusto di presumere che essa possa essere in alcuni casi altrettanto elevata come 3000° F. (1650° C.) quando la lava giunge alla superficie. Ma una simile temperatura deve essere al disotto di quella, che la lava possedeva nelle profondità sotterranee, perchè una certa quantità di calore deve essere perduta nell'innalzamento.

Le esplosioni vulcaniche sono generalmente accompagnate da vapore; e se noi dobbiamo supporre che qualche grande proporzione dei gaz della lava sia derivata dalle acque che si sono congiunte colla lava nella sua corsa all'insù, allora l'energia consumata

nell'innalzare l'acqua alla temperatura più elevata della lava deve essere sottratta dal calore originale.

Questo è un punto importante perchè è stato supposto che le lave possano essere formate da una sorta di acqua calda bollente, od in un principio dell'ebollizione che potesse aver luogo a temperature moderate. Ma evidentemente le temperature di partenza sono alte, ed il mantenersi le lave per un lungo tempo in uno stato di ebollizione implica pure che esse, all'inizio della loro ebollizione, avevano una temperatura più alta, di quanto sarebbe il punto di ebollizione della roccia. Questo sarebbe specialmente vero se la ebollizione della lava è cagionata da acque filtranti dalla superficie. Se d'altro lato, i gaz della lava vengono da grandi profondità, essi possono portare calore loro proprio con loro stessi. Non è possibile il dire a quale profondità la lava abbia la origine sua. A questo scopo sono stati fatti dei tentativi di determinare ciò, coll'accertare i punti sotto alla superficie da cui abbiano origine i terremoti che accompagnano le eruzioni. Tali valutazioni vanno da sette miglia a trenta. Probabilmente alcunchè al disotto di dieci miglia (16 Km.) e ciò che vi è più prossimo alla verità, ma ad ogni modo questo non ci dice dove abbia avuto principio la lava, ma solamente il punto a cui essa ha cominciato a spaccare le roccie attraverso le quali essa andava passando.

Sarà di poi necessario di ritornare sopra la considerazione di alcuni fra questi argomenti nel trattare dell'influenza dell'azione vulcanica nel modellare la superficie della Terra durante le età geologiche conosciute: ma si vedrà che le osservazioni delle azioni vulcaniche ed i loro risultati non forniscono null'altro di più che una base speculativa per una grande êra vulcanica in quello stadio dell'evoluzione del pianeta che ha preceduto il depositarsi delle roccie di sedimento.

CAPITOLO VIII.

L'atmosfera.

Estensione di un'atmosfera planetaria. - Storia planetaria dei gaz. - Nitrogeno, ossigeno, vapore d'acqua, biossido di carbonio. - Contributi vulcanici. - Controbilanciarsi dei gaz.

Quando noi citiamo da Milton o da Shakespeare i versi che parlano della musica delle sfere,

. . . . l'armonia
Che presiede alle nove circonvolute sfere

noi a mala pena ravvisiamo nella citazione le reliquie di una superstizione astronomica che era in vigore presso ai Caldei. Essi raffiguravano l'universo come se fosse sferico; ed i pianeti e le stelle quasi fossero disposti in una serie di orbite concentriche o di sfere, ciascuna delle quali così perfettamente trasparente che i corpi in quelle più esterne fossero visibili attraverso a tutte quelle interposte. Tolomeo disegnò le sfere circondando la Terra di aria e di fuoco. Al di là di queste orbite vi era la sfera circuente della Luna ed oltre a quella ancora vi erano le sfere concentriche del Sole e delle stelle.

Estensione di un'atmosfera planetaria.

La Geologia non si serve senonchè del più piccolo frammento di queste credenze. Egli è tuttavia convenienza di considerare il pianeta in sè stesso come fatto su di sfere concentriche — la litosfera o globo di roccie, l'idrosfera, e l'atmosfera — e per supporre che, prima che il pianeta fosse circondato dalle sue acque, esso

fosse circondato dall'atmosfera che teneva quelle in sospensione.

L'atmosfera della Terra che, rozzamente parlando, noi diciamo consistere di un miscuglio d'ossigeno e di nitrogeno, consiste, più veracemente, di un assai maggior numero di gaz e di emanazioni. Nella prima classe di tali gaz sono tutti quelli che alla temperatura e colla pressione esistente sulla superficie del pianeta sono corpi gazosi. L'acido carbonico, per esempio, è un gaz sulla Terra sebbene esso sarebbe un solido sulla Luna, e v'ha taluno che pensa che su Marte esso costituisca le nevose calotte polari (1). Sono stati trovati in piccole quantità nell'atmosfera della Terra degli altri gaz: l'argon, il neon, lo xenon, il krypton e l'elio; e qualcuno fra quelli pare possa essere rinvenuto in maggiori quantità a grandi altezze. Noi possiamo classificare tutti questi corpi, qualunque sia la quantità loro, come gaz permanenti dell'atmosfera terrestre. Nella seconda classe di gaz sono quelli che stanno fluttuando in quantità variabile secondo le condizioni che li producono; ed il principale di essi è il vapore d'acqua.

Teoricamente ciascuna sostanza, solida o liquida, scarica nell'atmosfera delle particelle che possono diventare dei costituenti transitorî di essa. I nostri nasi ci provano coll'evidenza che così fanno innumerevoli corpi volatili i quali emanano odori; ed il radio, com'è stato dimostrato, dà fuori un gaz pesante, che è stato denominato emanazione di radio. Praticamente, questa ed altre emanazioni, esistono in quantità così piccole da essere inapprezzabili: ma non è impossibile che in altre condizioni esse non raggiungessero una proporzione di molto maggiore.

---

(1) « Is Mars Habitable? » da A. Russell Wallace, F. R. S., pag. 96-97 (Macmillan, 1909).

Presentemente l'atmosfera, che è stimata del peso di circa $\frac{1}{1.200.000}$ di quello della Terra, avvolge questa in uno strato di forse 100 a 200 miglia di spessore (da 160 a 320 Km.). Teoricamente il suo spessore è molto maggiore di quello, perchè esso non cessa di esistere intieramente, finchè i limiti dell'azione di gravitazione della Terra non siano oltrepassati. Nella parte più bassa e più densa dell'atmosfera le molecole dei suoi gaz se ne vanno volando di quà e di là, ugualmente in ogni direzione. Ma nelle altezze dell'atmosfera, ov'essa è meno densa, qualcuna delle molecole volando all'insù non entra più in collisione con altre, ma si slancia come una fontana, le cui particelle sono soltanto tratte indietro dall'attrazione della Terra; e qualcuna di quelle molecole può partire per il suo percorso all'insù così velocemente che essa oltrepassa d'un balzo le 620.000 miglia (992.000 Km.), che sono i limiti dell'influenza della Terra, e se ne va per non far più ritorno giammai. D'altra parte, alcune molecole erranti di gaz, che vanno viaggiando nel sistema solare e che vengono entro le 620.000 miglia d'influenza della Terra nel loro vagabondaggio, saranno catturate dal pianeta.

Quando la Terra andava sviluppandosi, essa può essere stata per un certo tempo priva affatto di atmosfera, per la semplice ragione che la sua massa non possedeva un'attrazione di gravità sufficiente per trattenere riunita insieme un'atmosfera. Ma com'essa divenne più grossa, essa diventò capace di ravvolgere attorno a sè una consimile coperta: ed essa andava traendo perpetuamente i gaz atmosferici dal suo proprio materiale più intenso, e dalle nuove sostanze meteoritiche le quali andavano aumentando il di lei peso ed attrazione. Di che cosa fosse fatta la primissima atmosfera, deve aver dipeso largamente dalle molecole gazose che andavano precipitandosi entro la sfera

d'attrazione della Terra; il che deve a sua volta aver dipeso parzialmente da quali gaz esistessero nella grande nebulosa generatrice da cui la Terra trasse la prima origine. Presentemente vi è, con tutta evidenza, una grande quantità di idrogeno nel Sole: ma non ha mai potuto la Terra aver trattenuto quello così largamente in uno stato di libertà.

Stanno racchiusi nei meteoriti e nelle roccie cristalline, idrogeno, acido carbonico, ossido di carbonio, con piccole quantità di gaz delle paludi e di azoto. Noi possiamo quindi credere che questi fossero i gaz rinchiusi nelle roccie della Terra primitiva; e che l'idrogeno fosse combinato con alcuni di essi.

Vi è un fondamento sperimentale per l'opinione che l'idrogeno abbia potuto congiungersi con qualcuno dei corpi composti di ossigeno, per formare con questo del vapore d'acqua. Quindi per i costituenti dell'atmosfera la più primitiva noi potremmo aver avuto principalmente: vapor d'acqua, acido carbonico, ed azoto.

Storia planetaria dei gaz.

Questi gaz, prorompendo fuori e combinandosi con differenti composti, sarebbero presenti nell'atmosfera secondo la capacità della Terra di conservarli accosto a sè; e più sarebbero pesanti le molecole di un gaz e più sarebbe grande la quantità che di quel gaz riterrebbe la Terra. Per tal modo noi dovremmo sospettare che il gaz acido carbonico fosse trattenuto prima dell'ossigeno, e da molto maggior tempo prima dell'azoto, e tutti questi corpi un tempo notevole prima del vapore d'acqua. L'ammontare di azoto racchiuso nelle roccie e nei meteoriti è relativamente piccolo e non vi era forse gran che di esso nell'atmosfera primitiva. Ma l'azoto è ciò che vien detto un gaz chimicamente inerte. Esso non si combina prontamente.

Come il gatto di Mr. Rudyard Kipling, esso « se ne sta da sè ». Per conseguenza si può supporre che esso sia andato aumentando di volume, raramente cedendo qualcuna delle sue accrezioni per investirle in qualche composto del vicinato, dappoichè cominciò l'atmosfera. L'azoto per tal modo raggiunse la sua presente dominazione. Il vapore d'acqua crebbe pure non appena che la Terra fu voluminosa abbastanza per poterlo trattenere. Vi sarebbero sempre delle fonti abbondanti di rifornimento di questo vapore nei costituenti della Terra.

L'ossigeno ha una storia più incerta. Esso non è giammai libero, tanto nelle roccie cristalline quanto nei meteoriti. I vulcani lo espellono nelle eruzioni loro; ma per tal ragione non si può dire che esso provenga necessariamente dalle viscere della Terra. Esso può essere stato raccolto dalla lava ascendente nel suo viaggio all'insù, dalla superficie delle roccie, oppure dalle acque che trapassano. Esso esiste nel Sole e quindi esso esisteva probabilmente nella nebulosa progenitrice da cui nacque il Sole con tutti i suoi pianeti e tutti i suoi frammenti planetari. Dai frammenti volanti della nebulosa la Terra può aver raccattato quello, lentamente, dopo che l'acquisizione di gaz più pesanti era cominciata. Oppure è possibile che i corpi planetismari, quando essi urtavano sulla sviluppantesi massa della Terra, possano aver sprigionato per collisione una forza chimica abbastanza potente, ed abbastanza calore, da far rilasciare l'ossigeno dal vapore acqueo. Quando finalmente ebbe principio la vita vegetale, le piante sarebbero state fonti di ossigeno e lo avrebbero aggiunto gradatamente all'atmosfera.

Il problema dell'atmosfera fu, naturalmente, considerato dai grandi fisici del passato secolo, i quali come Lord Kelvin, s'ingegnarono di sostenere con fatti

l'ipotesi nebulare di Laplace. Essi tenevano l'atmosfera in conto d'una sorta di residuo che fosse rimasto non utilizzato quando avevano avuto luogo tutte le altre combinazioni possibili degli elementi. L'azoto, l'ossigeno, il vapore d'acqua, l'acido carbonico furono così, come prodotti secondari, lasciati in disparte quando furono fatte le roccie. Egli è affatto facile di credere che l'azoto, riluttante, possa essere rimasto non accoppiato: ma un elemento dotato di tale una disposizione d'affettuosità come l'ossigeno, assai difficilmente si sarebbe trovato privo di una qualche affinità. E non è facile di credere che gli enormi volumi di acqua ora nel mare, e le enormi quantità di gaz acido carbonico nel carbone e nella calce, fossero mai dispersi nell'atmosfera prima che essi per tal modo dileguassero la loro separata identità negli strati o negli oceani. Ben anche i soli carbonati della crosta della Terra, se si mutassero subitaneamente in gaz, accrescerebbero il volume dell'atmosfera a duecento doppi. A parte ogni altra considerazione, la Terra non fu giammai enorme abbastanza e forte abbastanza da ravvolgere una tale atmosfera intorno al suo volume e da potervela trattenere. L'atmosfera, noi quindi possiamo dirlo, non è stata mai più vasta di quanto ora lo sia ; sebbene essa possa essere stata diversamente costituita.

Ad un altro fisico del passato secolo, il Rev. Osmund Fisher, F. R. S., il quale, mentre noi stiamo scrivendo (1911) è recentemente entrato nel suo novantaduesimo anno di età, noi andiamo debitori del primo sviluppo dell'idea che i gaz fossero originalmente racchiusi nella crosta liquefatta e che siano di poi sfuggiti da quella. Nel libro « The Physics of the Earth's Crust » (1) egli ha difeso l'ipotesi che sotto alla crosta

(1) Vedere referenze precedenti. Capitolo V.

vi fosse una massa di roccia fusa che trattenesse dei gaz in soluzione: ed egli ha considerato le eruzioni vulcaniche come sintomi che tengono dietro al prorompere attraverso la crosta di questa lava gazoso-liquefatta. Egli ha negato tuttavia, che i gaz che i vulcani emettono provengano dall'acqua del mare: ed egli ha proclamato che tanto l'ossigeno quanto le materie saline che le lave rivelano, erano di un'origine più profonda: e, che per conseguenza, l'interno in fusione della Terra deve aver racchiuso in sè tanto la sostanza dell'acqua, come le materie prime dei sali. Se egli fosse interrogato circa il modo col quale questa sostanza dell'acqua sia venuta a trovarsi ivi, egli replicherebbe che nei più primitivi periodi del globo solidificato, le acque della Terra non se ne stavano tutte al disopra in nuvole di vapore, ma che altrettante parti di esse, a quante ne potessero dar ricetto le roccie fuse, erano unite in soluzione con queste roccie. In realtà, nei giorni i più primitivi, queste basi rocciose potevano essere, esse stesse, in uno stato gazoso.... « Se l'ossigeno era allora presente, egli è probabile che l'idrogeno vi fosse parimenti, e che, mentre che il raffreddamento procedeva e che le basi della Terra prendevano la parte loro spettante dell'ossigeno, così l'idrogeno ne prendeva pure la sua. In questo modo la sostanza dell'acqua sarebbe stata un costituente del *magma* liquefatto, tanto quanto gli altri elementi e minerali ». Questo concetto dell'origine dell'acque dà un nuovo significato alla frase: « le acque che sono sotto la Terra ».

Contributi vulcanici.

Pare ad ogni modo essere legittimo il supporre che il primitivo vapore d'acqua ed il primitivo acido carbonico siano stati espulsi nella prima epoca vulcanica. Ai giorni nostri un vulcano erutta fuori quantità im-

mense di vapore : e noi abbiamo supposto che nell'infanzia della Terra vi fossero molti vulcani dei quali alcuni assai grandi. Quantunque noi possiamo enunciare questo soltanto come una supposizione, se vi è mai stato un periodo di attività vulcanica sulla Terra, rassomigliante a quella di cui la Luna serba tuttora le traccie, durante tal periodo si sarebbe avuto un numero di bocche d'emissione più che sufficiente per fornire, in vapore, tutte le acque di tutti gli oceani.

Vi è stata persino una ragione più forte per credere che i vulcani fornissero l'acido carbonico. Boussingault ha calcolato che il vulcano di Cotopaxi, da solo emette altrettanto acido carbonico quanto ne emette col suo respiro l'intiera città di Parigi, cioè circa 750,000 yardi cubici (circa m. c. 572,664) al giorno ; ed evidentemente un certo numero di vulcani scaricantisi in questa misura formerebbe tosto una vasta atmosfera di tale gaz. Egli è possibile che, quando ebbe principio la vita organica, l'atmosfera consistesse principalmente di acido carbonico, con alquanto azoto. Delle piante possono svilupparsi in una consimile atmosfera: e, com'è già stato detto, esse apporterebbero in contributo dell'ossigeno. Se questa teoria fosse interamente accettabile, le grandi foreste delle età primarie potrebbero essere considerate come produttrici di ossigeno per gli animali ; e sarebbe lecito supporre che la pigra vita animale, che apparve dapprima, fosse adatta per un'atmosfera poco ricca in ossigeno, e che l'aumento dell'ossigeno aiutò ad evolversi, ed a preservarli, i più attivi animali alle spese degli altri.

Noi possiamo dedicare qualche po' di spazio per esaminare quest'idea. Se si proseguisse nei calcoli di Boussingault, circa la quantità di acido carbonico esalato dalla vita di una grande città, noi troveremmo che 1500 milioni di persone nel mondo verserebbero

nell'atmosfera circa 262.800 milioni di yardi cubici (circa 200.000 milioni di m. c.) al giorno (1). Girardin suppone la produzione di gaz acido carbonico degli animali essere alcun che più del doppio di quella dell'uomo, e diremo dunque di circa 1.095.000 milioni di *chilogrammi all'anno*. Ma vi rimangono ancora altre fonti di questo gaz. Tutte le piante, mentre esse scompongono l'acido carbonico come parte del loro metodo di nutrizione, respirano nello stesso modo degli animali ed esalano acido carbonico tanto quanto ossigeno. Tutti i fuochi del mondo; la lenta produzione del gaz dalla distruzione di materia vegetale; le sorgenti minerali ed i vulcani, tutto vi contribuisce. Egli è difficile di formarsi un'idea della quantità totale del gaz esalato: ma Armando Gautier viene alla conclusione che l'ammontare non può essere molto lontano dai cinque bilioni di chilogrammi all'anno. Il peso totale dell'intiera atmosfera è all'incirca centomila volte più grande.

Controbilanciarsi dei gaz.

La relazione tra l'acido carbonico emesso dagli uomini ed il ricambio di carbonio e d'ossigeno delle piante presenta parecchi aspetti. È stato calcolato che circa 2 acri e $^1/_2$ (un ettaro) di foresta producono ogni anno 3000 chilogrammi di carbonio, sotto forma di legno e di foglie. Durante la metà di un anno di sviluppo attivo, gli alberi devono trarre dall'aria all'incirca 5600 yardi cubici (circa 4276 m. c.) di acido carbonico e devono darle in cambio circa la stessa quantità di ossigeno; la stessa proporzione è ancor giusta con un campo di biade. Trentadue persone emettono

(1) Russell, Smithsonian Miscellaneous Collections.

altrettanto acido carbonico quanto ne è assorbito da due acri e 1/2 (1 ettaro) di biade o di foresta, ed essi adoperano all'incirca altrettanto ossigeno quanto ne produce quella stessa superficie di campo o di foresta. Quindi un acre (40 are circa) serve di compensazione per circa dodici o tredici persone.

Il prof. Mendeleef adottò diversi metodi di calcolo nel tentare di dimostrare che l'atmosfera della Terra ha mutato nel corso dei secoli. Egli calcolò il peso dell' atmosfera come di 5.100 bilioni di tonnellate, ed il peso dell'ossigeno, quindi, come di circa 2000 bilioni di tonnellate, ossia alquanto di meno della metà del tutto; ed egli presuppose che gli innumerevoli processi i quali assorbono l'ossigeno siano compensati dai processi di vegetazione. Ma egli ha trovato che le piante sulle terre contribuiscono soltanto per 100.000 tonnellate di ossigeno, e non oltre, il che è una frazione insignificante dell'intera massa dell'ossigeno dell'aria. Non è verosimile che l'equilibrio dei gaz tra le esalazioni delle piante e quella degli animali possa essere esatto: ed è una questione tuttora pendente se vien prodotta maggior quantità di acido carbonico di quanto possa esserne combinato o scomposto, o se ve n'ha maggior quantità di combinato e di scomposto di quanto ne sia prodotto. Due autorità, T. Stevenson e Phipson, pensano che l'acido carbonico vada scemando.

Il Dott. Krogh di Copenaghen è di opinione contraria. Egli ritiene che vi siano alcuni indizi di un aumento dell'acido carbonico. Uno di essi si è che sovra il mare la pressione del gaz è più bassa che non sopra le terre. Questo sembrerebbe significare che la pressione dell'acido carbonico ***nell'aria*** è costantemente maggiore della pressione dell'acido carbonico ***nel mare***, e che quindi l'aria deve andar costantemente derivando provviste del gaz da qualche fonte

da cui è mantenuta la differenza di pressione. Una alterazione della quantità di acido carbonico produrrebbe risultati considerevoli non soltanto chimicamente, ma pure nel clima, poichè il gaz è un grande assorbente di calore.

Vi sono tuttavia provvigioni di compenso che farebbero assai lento l'aumento del gaz. Se la pressione di esso aumenta, le piante assorbono quel gaz ed emettono ossigeno. Le acque della Terra formano un apparato regolatore ben anche più importante. Le combinazioni chimiche nelle quali può entrare l'acido carbonico col mare, sono riversibili. Uno degli effetti di questo si è che vi è ricambio costante di acido carbonico tra le acque e l'aria sovrastante a quelle. Se vi è una pressione maggiore di acido carbonico nell'aria le acque ne assorbono di più. Presentemente la quantità di acido carbonico nell'aria ammonta a circa tre parti su 10.000. La quantità nel complesso dei mari è di circa ventisette volte maggiore di quella. Per ottenere l'aumento di acido carbonico nell'aria, sino a quattro parti su 10.000, sarebbe necessario in primo luogo di aggiungere un terzo della quantità di già presente. Ma ciò non basterebbe, perchè il mare continuerebbe ad assorbirlo, e secondo gli esperimenti del Dott. Krogh, se l'oceano dovesse essere ricondotto in equilibrio con l'atmosfera alterata vi dovrebbe essere ***un'altra addizione di due volte l'ammontare*** dell'acido carbonico ora presente nell'aria. Ciò significherebbe un'aggiunta all'aria, da qualche fonte terrestre, di più di 5 bilioni e mezzo di tonnellate di acido carbonico. Un calcolo di questo genere aiuta a spiegare la costanza dell'atmosfera e per indicare la grandezza dei cambiamenti che sarebbero richiesti per produrre in quella delle variazioni. Inoltre, quest' assorbimento di gaz dal mare non è un processo lento. Esso ha luogo con rapidità notevole, e l'oceano risponde

tosto e sensitivamente. Quando nella primitiva êra vulcanica la pressione di gaz acido carbonico era molto più grande e l'acqua più calda, questa provvista di ricambio deve aver grandemente influenzato la formazione degli strati di sedimento.

CAPITOLO IX.

Il mare antico.

Effetto della vita sul mare. - Ipotesi di Quinton circa l'identità del corpo fluido di animali viventi con il mare antico. - Modificazioni dell'ipotesi. - Permanenza di caratteri fondamentali. - Corpi di acqua paragonati con organismi che respirano. - Respirazione interna di un lago.

Sia che noi pensiamo che la Terra sia una massa raffreddantesi di liquido, oppure sia un globo che, dopo la sua solidificazione, ha continuato ad aumentare il suo volume mediante contributi tratti dall'esterno, noi non possiamo tuttavia sfuggire la presunzione che a qualche punto nella sua istoria primitiva esso debba essere stato di molto più caldo alla superficie di quanto presentemente esso non sia. Similmente sia che noi consideriamo la sua atmosfera come una massa di gaz che una volta era più grande, oppure come una massa che siasi sviluppata per aggiunte provenienti tanto dall'interno quanto dall'esterno, via via che la Terra divenne maggiormente capace di trattenerla, noi possiamo ragionevolmente inferire che una volta l'atmosfera era più calda. La sua temperatura tuttavia andava continuamente abbassandosi. Quando essa fu scesa abbastanza, il vapore d'acqua in essa si sarebbe condensato in liquido. Il liquido sarebbesi prontamente evaporato; si sarebbe condensato di nuovo ; di nuovo evaporerebbe — e così via di seguito in un ciclo di tempo molto più rapido e con

perturbazioni chimiche e fisiche molto più radicali di quanto oggidì non succeda. Figuier, una generazione addietro, dipinse il globo primitivo come sommerso in torrenti di pioggia continua; la sua compagine scossa da terremoti senza fine; la sua atmosfera tenuta in agitazione da perpetui temporali; e forse il quadro presenta delle garanzie di probabilità.

Alfine, tuttavia, l'acqua si assestò entro cavità.

Vi sarebbero dei posti sulla Terra dove la temperatura della crosta era più bassa che altrove ed ivi si sarebbero formati i primi mari.

Il Prof. A. B. Macallum (1) ha supposto che la crosta primitiva fosse sottile e cedevole, ed ogni qualvolta una quantità considerevole di pioggia cadesse sopra di essa, essa diventerebbe depressa, e sarebbe per tal modo convertita in cavità per i letti dei primi oceani. La composizione di questi primi oceani sarebbe stata molto diversa dalle condizioni di quelli moderni. Dapprima, per un tempo brevissimo, l'acqua in essi sarebbe stata quasi pura: ma ben presto vi si sarebbero accumulati dei sali. Essi sarebbero derivati dalla crosta della Terra in cui l'acqua giacesse in cavità; ed anche, dai sali presenti nelle roccie delle terre asciutte, e portati ai mari dai fiumi. Nelle acque dei primi fiumi, i sali sarebbero stati presenti in quantità dipendenti dalle quantità di essi nelle roccie ed anche secondo la loro solubilità nell'acqua.

La composizione dei mari sarebbe divenuta ben presto la stessa di quella dei fiumi. Essa avrebbe compreso probabilmente, uguali quantità di potassio e di sodio; ed è anche possibile che il magnesio fosse abbondante più del sodio; ed il calcio sarebbe stato ancor più abbondante dell'uno e dell'altro.

---

(1) « Transactions Canadian Institute », Vol. VII, Part. III, 1904.

Effetto della vita nel mare.

Supponiamo ora che la vita appaia nel mare. Questo farebbe un'alterazione nella composizione degli oceani, perchè la vita, come un reagente chimico, raggrupperebbe i sali in nuove forme e combinazioni.

Il calcio sarebbe, ad un qualche momento, o prima o poi, estratto dalla soluzione e precipitato come un solido, perchè di quest'elemento si sarebbero impossessati alcuni degli organismi viventi per formare i loro scheletri viventi; e, dopo morti, i loro scheletri si sarebbero inabissati sino al fondo del mare ed ivi si sarebbero accumulati. Alquanto magnesio sarebbe pure stato estratto e precipitato nella stessa guisa.

Ciò è dimostrato dalla presenza di quest'elemento associato colla calce sotto forma di calcare dolomitico (magnesiaco). Sarebbe altresì liberato il potassio mediante un processo chimico alquanto complicato nel quale l'azione della vita agisce, come nelle armi da fuoco il grilletto, per mettere in movimento le forze. In questa maniera e per altri mezzi l'eccesso di potassio, originalmente nelle acque del mare, si sarebbe gradualmente solidificato a parte. Per tal modo il calcio ed il potassio diminuirono gradatamente. Pel sodio avvenne altrimenti. Il sodio non è rimosso dal mare in grande quantità. Dei piccoli mari possono disseccarsi ed i sali in essi contenuti possono passare da liquidi a solidi, ma questo processo non può aver luogo su vastissima scala; ed il lavoro compiuto dall'evaporazione è disfatto dalla caduta della pioggia. Durante tutta la storia passata della Terra il sodio (ed il sale relativo) è stato asportato per soluzione dalle roccie e trascinato giù nel mare dai fiumi, e così vi è andato gradatamente crescendo per quantità.

Per tal modo a cagione delle azioni chimiche dei sali tra loro stessi, a cagione dell'azione delle cose

viventi, a cagione dell'azione dissolvente dei fiumi sulle roccie della Terra — la composizione dei mari è andata sempre mutando. La calce ed il potassio sono andati diminuendo; il sodio è andato aumentando. Il magnesio pure è andato crescendo.

Ipotesi di Quinton.

Ma noi abbiamo altri mezzi di giungere alla composizione del mare primitivo; sebbene questa sia soltanto una cosa teorica. L'idea fu concepita indipendentemente l'uno dall'altro, dal Prof. A. B. Macallum, e da un fisiologo, uno degli assistenti al Collegio di Francia, R. Quinton (1). L'ipotesi di Quinton, come essa è talvolta denominata, suppone che nel sangue degli animali viventi noi abbiamo un'indicazione per ritrovare la temperatura e la composizione del mare primitivo. I più alti animali sono costrutti con grandi colonie di cellule viventi. Queste cellule sono collegate insieme in ogni sorta di modi complessi, e sono di molte sorta differenti. Vi sono i corpuscoli rossi dei sangue, ed i corpuscoli bianchi del sangue; vi è la « *materia morta* » che le cellule viventi fabbricano o secernano, come la materia ossea, o le fibre dei muscoli: vi sono pure latte ed altre secrezioni che le cellule producono. In ultima analisi vi è il liquido vitale in cui queste cellule sono tutte immerse. Il sangue, per esempio, se vien privato dei suoi corpuscoli rossi e bianchi, è un liquido debolmente salato. I chimici lo denominerebbero una « soluzione fisiologica di sale ». Esso è il liquido che circola per ogni dove, il quale bagna tutte le cellule, e che sotto svariate forme, è necessario alla loro vita ed esistenza.

Ora Quinton assevera che questo liquido vitale, il quale è paragonabile alle acque, in cui i più bassi

---

(1) « L'Eau de Mer Organique », Masson, Paris, 1904.

animali del mare vivono, rappresenta la stessa cosa negli animali più elevati. La sola distinzione è che gli animali più elevati sono tutti chiusi, o suggellati da membrane, ed in questo modo essi portano in giro con loro stessi il liquido in cui sono immerse le cellule loro. Quinton, in breve, paragona un uomo ad un acquario marino, ripieno tuttavia, non già coll'acqua del mare d'oggidì, ma con un'acqua del mare che rassomiglia quella del primitivo oceano in cui gli « animali inferiori » antenati erano immersi milioni d'anni addietro. Ossia egli lo paragona al tubo di coltura del batteriologo. Il di lui corpo è il tubo di vetro; lo sviluppo dei batterî all'interno è la materia delle cellule viventi: il liquido nutritivo è il siero del sangue, il mezzo vitale che rende possibile il procedere dello sviluppo della vita. Si vedrà che l'ipotesi di Quinton richiede che la vita animale abbia da aver avuto principio nel mare. Questo non è accertato; ma la massima parte dei geologi accettano ciò come una credenza conveniente; e noi possiamo temporaneamente ritenerlo come concesso.

Così stando le cose, egli è ragionevole di supporre che vi dovrebbe essere qualche tendenza tra gli animali con un corpo cavo chiuso, a ritenere la composizione atavica del liquido vitale. Questi primi organismi che ebbero origine nel mare furono organismi con una sola cellula — le più semplici cose viventi. — Da essi spuntarono in seguito tanto le piante quanto gli animali. Essi vivevano immersi nell'acqua in cui erano disciolti dei sali in proporzioni diverse. Ma queste proporzioni, come noi abbiamo veduto, andarono continuamente alterandosi. I fiumi che sopravvenivano alteravano la proporzione. L'evaporazione solare alterava la proporzione. Egli è possibile che gli animali del mare rimanessero aperti all'avvolgente acqua del mare mentre le proporzioni di questa si adattavano

al loro sviluppo e svolgimento, ma quando essa divenne troppo forte (potremo noi dire così?) per essi, essi si sono rinchiusi mediante membrane, od emigrarono verso le terre.

Quinton suppone che essi abbiano preso il liquido del primissimo oceano con loro stessi, nei loro corpi suggellati; e che i loro discendenti abbiano ritenuto quello, o qualche cosa di molto simile a quello, da quel tempo in poi.

Se noi accettiamo questa credenza incondizionatamente, allora il liquido del sangue dei mammiferi essendo un liquido caldo, salato, noi dovremmo supporre che l'oceano primitivo, quasi identico in composizione con questo liquido, fosse un oceano caldo con una temperatura di circa 111° F. (44° C.) e con circa sette ad otto parti su mille di materia salata, principalmente cloruro di sodio.

Questa opinione non può, tuttavia, essere accettata incondizionatamente perchè sembra, colla massima verosimiglianza, che l'oceano si ***fosse alterato nella sua composizione*** prima che esso spingesse le cellule più forti e più adattabili ad emigrare sulle terre od a proteggersi con membrane od in altri modi.

Critiche dell'ipotesi.

Il Dott. A. C. Lane (1), nel trovar commendevole la suggestiva teoria di Quinton, offre qualche critica che la illumina su taluni punti minori. Per esempio, la temperatura di 111° F. (44° C.) che Quinton assegna all'oceano primitivo è derivata da un paragone con la temperatura del sangue più caldo degli uccelli. Egli è certamente un fatto notevole che dai tropici ai

(1) American Association for the Advancement of Science, Presidential Address to Section E (Geology), 1907.

poli la temperatura degli animali vertebrati difficilmente varia di più di dieci gradi da questo valore.

Ma è possibile che i processi di ossidazione e di combustione abbiano innalzato questo valore all'altezza sua presente — un'altezza che è la meglio adatta per il lavoro che le cellule degli animali terrestri hanno da compiere — ma che è possibilmente molto più alta di quella posseduta dal liquido vitale quando gli animali emersero per la prima volta dal mare. Tuttavia non è difficile di credere che il mare primitivo, e quindi il primitivo liquido vitale, fosse più caldo. Il chimico Van't Hoff rinviene una prova evidente di un oceano più caldo nei depositi di sale di Strassfurt; e la grande estensione di coralli e di felci ed i depositi carboniferi verso entrambi i Poli, Nord e Sud, sono suggerimenti di un clima più caldo. Se noi siamo disposti ad accettare questa dottrina di un mare più caldo, allora i primi pesci possono non essere stati affatto degli animali di sangue freddo; ma creature attive di sangue caldo, la cui temperatura del sangue era quella del caldo oceano attorno ad essi. Un tale oceano più caldo accelererebbe possibilmente l'attività della vita e dell'evoluzione.

Ancora Quinton deduce che il primo oceano avesse da sette ad otto parti di sali, su mille. Questo è lo stesso caso come quello del liquido del sangue degli uccelli, che appare di aver conservata la temperatura la più prossimamente costante e si può supporre abbia conservata pressochè la stessa composizione anche di liquido vitale. Ma è assai difficile di accogliere questa teoria senza riserve; e sembra più verosimile che « il mezzo vitale », come noi ora lo conosciamo, non rappresenti esattamente l'oceano primitivo per salsedine niente di più che per temperatura. Tuttavia esso sembra rappresentare l'oceano della fine dell'epoca degli strati Cambriani; non molto prima del tempo in

cui si sa avere esistito i primi pesci, ma molto dopo che la vita aveva avuto principio. L'evidenza viene allora in appoggio all'opinione del Prof. Macallum che l'attuale liquido del corpo rappresenti l'acqua dell'oceano, a quel tempo in cui la cavità del corpo andava diventando chiusa nel processo di evoluzione — piuttosto che l'ipotesi di Quinton che il liquido del corpo rappresenti l'oceano primissimo.

Sonvi moltissime ragioni di credere che l'oceano abbia accumulato costantemente dei sali. Esso ora contiene circa trentacinque parti per mille, ossia pressochè cinque volte l'ammontare di concentrazione che dimostra il liquido del sangue, e che, secondo la nostra ipotesi modificata, era la concentrazione dell'oceano nei giorni Cambriani. Egli è verosimile che la vita abbia cominciato ad una temperatura più alta che 111° F. (44° C.), e quando vi era affatto pochissimo sale nell'oceano. L'acqua e la temperatura possono allora essere divenute più favorevoli allo sviluppo del protoplasma ed alla vita della cellula. Via via che l'oceano accumulò sodio e calce esso divenne sempre più eccitatore della vita sino al punto in cui esso divenne sovra-eccitante e velenoso. Al di sopra di quel punto non vi sarebbe stata una ragione per le cellule di accumulare della calce; sarebbe stata per loro la miglior delle cose l'accettare negli utili i cambiamenti stimolanti e benefici che andavano succedendo nel mezzo in cui esse vivevano e si movevano ed avevano l'esistenza loro. Ma quando l'oceano, accumulando maggiormente della calce, oltrepassò quel punto a cui trovavansi le migliori condizioni di esistenza per gli animali dai corpi aperti, i più vigorosi tra di loro avrebbero tentato di resistere agli effetti disastrosi delle variazioni in varie guise. Essi si separarono dall'oceano mediante delle membrane. Essi formaronsi per secrezione un tegumento o guscio più o meno

impervio. Essi quindi se ne uscirono fuori dall'ambiente loro troppo eccitante, intieramente, e migrarono nell'aria, o nelle terre, forse per mezzo di spiaggie sabbiose o paludose.

Il periodo in cui l'oceano sembra aver passato i suoi primordii come il più bello ricettacolo per la vita, può essere stato il periodo Cambriano. Dopo di allora vi apparvero numerose forme di vita in condizioni tali da lasciare, ciò che non poterono fare le forme precedenti, delle traccie dei corpi loro nelle roccie. I loro predecessori non avevano avuto bisogno nè di pelle, nè di guscio. Ma non sì tosto furono sviluppati la pelle ed il guscio, i loro grandi vantaggi per altri scopi di sostegno e di difesa si fecero, senza alcun dubbio, ben presto sentire. Noi possiamo convenientemente riassumere qui, anzichè in un ulteriore capitolo, le conclusioni del Dott. Lane circa le condizioni dell'oceano, quando per la prima volta ebbe principio in esso la vita. I suoi fattori sono come segue:

1° Un oceano più caldo, e per conseguenza una attività di vita maggiore.

2° Un approssimarsi costante dell'oceano verso condizioni migliori di vita sino ai tempi Paleozoici primitivi. Questo fu cagione che gli organismi non si separarono dall'oceano, ma rimasero aperti. Le parti dure erano rare e le cose viventi erano esposte completamente agli effetti modificatori del loro ambiente.

3° L'eredità cumulativa non fu allora molto intensa nel classificare le cose viventi in tipi nettamente contrassegnati e distinti.

4° Vi furono larghi campi aperti alle forme di vita felicemente modificate, perchè allora non vi era quell'acuta lotta per l'esistenza, ossia qualche forma rivale nella vita. Senza molti nemici naturali una forma di vita avrebbe potuto, per conseguenza, moltiplicarsi molto abbondantemente.

5° La frequenza di generazione negli animali inferiori e nelle piante fu pure una caratteristica marcata nella vita di quell'epoca.

6° Forse può non esservi stato un flusso e riflusso di vita così segnalati, d'accordo colle stagioni.

7° Mentre nuove forme di vita (alcune delle quali alle altre inimiche) andavano sviluppandosi, uno stimolo veniva per questo mezzo creato per far fronte alle loro nuove condizioni.

Permanenza di caratteri fondamentali.

Noi possiamo aggiungere poche parole per meglio illustrare i precedenti punti. Noi abbiamo cominciato con una condizione di cose, in cui gli organismi monocellulari vivevano immersi nel mare primitivo; noi abbiamo presunto che essi sieno divenuti delle congerie di cellule — pluricellulari — e che allora tra altre strutture essi abbiano acquistato un sistema di circolazione. Da principio il liquido in questo sistema di circolazione era in comunicazione aperta coll'acqua del mare; esso era difatti null'altro che acqua del mare modificata. Noi ancora troviamo degli animali di questo genere nel mare, i celenterati. Poscia il sistema di circolazione diventò separato dal mondo esterno e formò un sistema chiuso di canali. Quando avvenne tale chiusura la composizione del sangue, per quanto riguarda le proporzioni relative delle sostanze inorganiche in esso, era la stessa come quella dell'acqua del mare circostante.

Ma perchè, può esser chiesto, siamo noi per presumere che questo liquido sia rimasto inalterato negli animali che ora lo portano? La risposta a quello si è che i caratteri fondamentali degli organismi viventi variano molto lentamente, sebbene l'evoluzione alteri così grandemente i loro aspetti meno fondamentali.

Prendasi l'esempio del protoplasma. Il protoplasma è una miscela di sostanze immensamente complicate.

Esso è di composizione variabile quasi all'infinito, probabilmente altrettanto variabile quanto le specie di organismi che sono su quello basati. A dispetto ancora della variabilità loro noi troviamo il protoplasma ovunque essenzialmente lo stesso per caratteri generali e per proprietà chimiche — sebbene vi possano essere molti differenti tipi di struttura.

Se il protoplasma delle cellule, tanto animali, quanto vegetali, è lo stesso, allora dacchè queste ebbero un antenato comune, noi ci riteniamo autorizzati di presumere che il protoplasma, tanto animale che vegetale è simile per struttura, per composizione generale e per reazione, al protoplasma degli antichi organismi da cui trassero le origini entrambi i regni. Ed ancora, quando le cellule si dividono prima di riprodursi, il processo, complicato come esso è, è simile nelle cellule animali ed in quelle vegetali. Quello è un altro punto per aiutare la presunzione in favore della continuità della struttura e delle reazioni del protoplasma attraverso tutte le epoche.

Ed ancora — gli animali vertebrati, i molluschi, ed i crostacei, tutti hanno gli scheletri composti di carbonato e di fosfato di calce — non già scheletri composti di silice o di ferro, o di materia argillosa. Perchè mai? mentre noi vediamo la silice e l'alluminio più abbondanti sulla crosta della Terra che non il calcio? Delle legioni intiere di organismi hanno degli scheletri silicei, sebbene nessuno abbia uno scheletro in cui la base terrea sia il ferro o l'alluminio. La ragione per la quale i vertebrati contengono della calce come loro base si è evidentemente perchè, quando gli antenati loro vivevano nel mare, l'acqua del mare conteneva una grande proporzione di calcio. Per lunghe epoche questi organismi presero quindi

della calce dal mare; e così divenne stabilita « l'abitudine della calce ». Questi antenati si adattarono ad un ambiente in cui la calce era il fattore più eminente; e l'eredità ha impresso questo adattamento nei vertebrati viventi, i quali formano gli scheletri loro precisamente come li facevano i loro antenati Siluriani.

Così appunto perchè i primitivi organismi monocellulari vissero in un mare dove i sali disciolti erano presenti in certe proporzioni, la loro sostanza vivente venne a contenere questi sali nelle stesse proporzioni relative, quali esistevano nell'acqua del mare.

L'ereditarietà ha fissato questa proporzione degli elementi sodio, potassio, calcio e magnesio nel protoplasma degli organismi primitivi, e noi la vediamo oggidì nella composizione del protoplasma degli animali viventi.

Di poi furono sviluppati gli organismi pluri-cellulari contenenti un liquido simile a quello del mare circostante; e quando questo sistema circolatorio di liquido fu separato dal mare, esso ritenne niente di meno la stessa composizione.

L'ereditarietà ha conservata la composizione del sangue; e quindi le proporzioni di sali di sodio, potassio, calcio e magnesio nel sangue degli animali vertebrati viventi sono le stesse di quelle del mare nei remotissimi tempi geologici.

La respirazione di un corpo di acqua.

Quando la vita apparve nel mare o nelle acque che si approfondirono nei mari, si stabilì e si mantenne una relazione nuova tra l'acqua e l'atmosfera. Tutti ben conoscono gli esempi di animali che inspirano ossigeno ed emettono acido carbonico, oppure quelli delle piante che fanno il cambio di acido carbonico per ossigeno. Un corpo di acqua che contiene vita

animale e vegetale è un apparecchio che respira, il quale va di continuo ricambiando dei gaz coll'atmosfera. Per amore di semplicità noi possiamo considerare dapprima l'esempio di un lago nell'interno delle terre. Un lago può essere acconciamente paragonato col sangue di uno dei più elevati animali, il qual sangue consiste di un liquido e di un certo numero di cellule viventi entro di esso. Le cellule viventi nel liquido del lago sono gli animali ed i vegetali che vi trovano abitazione. La respirazione del lago, come quella degli animali più elevati, può essere divisa in respirazione esterna ed interna. Per respirazione esterna noi intendiamo l'assorbimento di certi gaz dall'aria ed il ritorno ad essa di altri gaz, altrettanto che i processi mediante i quali il ricambio viene effettuato. Per respirazione interna noi intendiamo gli scambi di gaz che hanno luogo nel lago stesso, tra le sue varie piante ed animali, e l'acqua che li circonda.

Con questi scambi avvennero i processi chimici mediante i quali i gaz sono alterati, oppure sono fatti dei nuovi gaz nel corso di processi vitali di quanti organismi risiedano nel lago.

La respirazione esterna di un lago rassomiglia molto da vicino a quella di un essere vivente. Il lago assorbe ossigeno, acido carbonico, ed azoto dall'atmosfera; e le restituisce azoto, acido carbonico e talvolta alcuni altri gaz. L'azoto assorbito da un lago, come quello introdotto direttamente da un animale in sè stesso, ha poco da fare con i processi vitali. Nell'autunno raffreddandosi il lago, esso assorbe grande quantità di azoto. Nell'estate, come il lago si riscalda e la capacità dell'acqua per trattenere dei gaz in assorbimento diventa minore, qualche poco di azoto viene perduto. Questo processo è puramente fisico, ed apparentemente non ha influenza sulla vita di alcuno degli organismi abitatori dell'acqua.

Ma la respirazione dell'ossigeno è ben altra cosa; ed essa è della più grande importanza per gli esseri viventi nel lago. Parlando un po' all'ingrosso, noi potremmo dire che un lago interno sarebbe come un organismo che ha tratto un largo respiro in autunno ed un altro meno profondo in primavera; nell'inverno esso non respira e nell'estate esso respira molto debolmente. Via via che il lago si raffredda nell'autunno la sua temperatura gradatamente diventa la stessa dalla sommità al fondo; e quando la sua temperatura è divenuta uniforme la brezza che scherza sulla sua superficie viene a contatto con ciascuna parte dell'acqua, perchè questa gira prontamente sossopra, nessuno dei suoi strati avendo motivo di restare al disotto di un altro. Come risultato, i laghi interni, persino quelli che sono molto più profondi di duecento piedi (70 m. circa), diventano saturi di ossigeno ad una temperatura un poco al disopra del punto di congelazione. La quantità di ossigeno può essere di circa l'uno per cento, in volume: e sarà tanto più prossima a due volte, quanto più l'acqua si manterrà ad un'alta temperatura estiva.

In questa condizione il lago prende i suoi quartieri d'inverno, e forse diventando coperto di ghiaccio esso è tagliato fuori da una comunicazione diretta coll'atmosfera. Durante questo periodo la provvista di ossigeno è adoperata in qualche quantità, specialmente presso al fondo: ma i processi vitali delle forme di vita ivi situate vanno innanzi lentamente. Avvengono delle volte delle eccezioni negli stagni poco profondi nei quali l'ossigeno può essere intieramente esaurito.

In associazione con questo parziale consumo di ossigeno vi è un aumento durante l'inverno di gaz acido carbonico, il principale prodotto gazoso della respirazione: e la quantità di esso può diventare considerevole. Nella primavera l'acqua del lago diventa di

nuovo uniforme per temperatura; l'acido carbonico viene consumato dalle piante germoglianti; e di nuovo il vento fa girar sossopra le acque del lago e le tratta con ossigeno. Ma dacchè la temperatura in primavera è più alta che nell'autunno l'ammontare di ossigeno assorbito è minore. La temperatura delle acque, col suo innalzarsi continua a far diminuire la quantità di quello; e coll'approssimarsi dell'estate entra in giuoco un'altra causa di espulsione del gaz. La superficie dell'acqua acquista una temperatura più alta di quella del fondo: e l'acqua più calda essendo più leggera sta alla sommità, cosicchè diventa una difficoltà sempre maggiore per il vento di creare e di mantenere una circolazione completa dell'acqua. Per questo modo i livelli più bassi sono posti in condizioni sfavorevoli per impadronirsi di nuove provviste di ossigeno dall'aria.

Dal punto di vista del paragone con un animale, un lago ha un grande svantaggio nell'acquistare ossigeno dall'aria. In un grosso animale vi sono provvedimenti elaborati in vista dell'assorbimento dell'ossigeno dall'aria, e per la sua distribuzione entro l'animale. Nell'uomo, per esempio, la superficie assorbente dei polmoni è di circa 2000 piedi quadrati (m. q. 185,80), un'area grande come quella delle complessive superfici di una camera quadra col lato di venti piedi (m. 6,10) ed alta piedi quindici (m. 4,60); e vi sono delle sostanze chimiche specifiche nel sangue, tali come l'emoglobina, che assumono l'ossigeno per grande affinità. Ma un lago ha soltanto la sua superficie, che può essere estremamente piccola in paragone colla sua massa; ed esso non ha costituenti chimici che abbiano affinità coll'ossigeno. Inoltre i suoi processi di circolazione sono molto pigri e lenti quando vengono paragonati con quelli di un animale; ed i metodi di distribuire l'ossigeno consistono semplicemente nella diffusione,

del vento che rimescola e del trasporto per mezzo della corrente.

Respirazione interna di un lago.

Ci resta a dire della respirazione interna del lago, ossia del ricambio di gaz tra la sua popolazione di organismi. Ma noi sfioriamo tale quistione semplicemente per notare le sue difficoltà. È stato detto che nessun ramo della fisiologia animale sia più frainteso di quello della respirazione interna. Questo è anche vero relativamente alla respirazione interna del lago. Delle cose viventi vanno traendo dalle acque sue provviste di gaz, ciascuna di quelle secondo il rispettivo bisogno, e ciascuna di quelle contribuendo all'acqua con dei gaz differenti per composizione e per quantità. Gli animali vanno ritirando ossigeno dall'acqua e dandole dell'acido carbonico. Le alghe stanno ripetendo questo processo di notte e compiendolo a rovescio di giorno. I funghi ed i batteri vanno adoperando ossigeno nel corso delle loro interne attività vitali; essi vanno impiegandone delle quantità di molto più grandi nei processi di fermentazione che essi mantengono. Dei cambiamenti chimici innumerevoli compresi nella fermentazione e nella decomposizione, procedono con tutte specie di condizioni, e vanno aggiungendo all'acqua dei gaz di sorta differenti ed in proporzioni variabili.

« Egli è impossibile », dice il Prof. E. A. Birge (1) « persino di tentare soltanto una descrizione della respirazione interna, con le sue operazioni incalcolabili, ciascuna di esse che aggiunge o che sottrae dalla somma dei gaz in un intricato reticolato di processi congiunti da rotazioni che s'intersecano e si ricongiungono in mille punti ». Per rammentarne due soli, vi

(1) « Presidential Address to the American Fisheries Society », July 1907.

è la produzione dell'ossigeno (considerevole nei laghi contenenti gran copia di alghe) e la richiesta di acido carbonico. Il gaz acido carbonico esiste nell'aria in una piccola quantità, quattro parti su 10000: ma altrettanto piccola è la quantità di piante terrestri capaci di estrarne ampie riforniture di carbone. Ma le piante lacustri sono in un caso ben diverso; esse devono impadronirsene per mezzo di un agente intermediario, l'acqua. L'intermediario può servirle così malamente che il lago può aver da dipendere dalle sue risorse interne per una provvista di quest'alimento. Le risorse sono considerevoli, perchè delle grandi quantità di gaz sono preparate nel lago e possono essere adoperate come alimento delle piante verdi; e quindi vi è una sorta di circolazione interna di acido carbonico. Ma le stesse meschine condizioni di trasporto che rendono difficile all'ossigeno di giungere ai livelli inferiori del lago, rendono ugualmente poco soddisfacente il trasferimento dell'acido carbonico alle regioni superiori quando esso viene richiesto. Noi vediamo quindi perchè la vita è relativamente così abbondante nei laghi grandi e poco profondi, in cui le condizioni del sistema di circolazione sono le migliori possibili.

I problemi della vita e dello sviluppo, incompletamente abbozzati nei precedenti paragrafi, sono nel mare di una complessità ancora maggiore. La complessità è accresciuta dalla presenza del calcio e del magnesio e di altri sali in soluzione; e dalla serie immensamente più grande dei fattori di densità, di pressione e di temperatura negli oceani. Ma l'abbozzo ancorchè incompleto, se è estremamente inadeguato come una rappresentazione di condizioni nel mare, può servire come un'indicazione di qualcuna delle relazioni tra il mare e l'atmosfera, e può suggerire taluni dei ricambi che hanno avuto luogo tra quelli sino dalle primissime epoche.

CAPITOLO X.

Gli inizi della vita.

Evoluzione di materia organica da materia inorganica - Esperienze di Loeb. - Generazione spontanea. - Germi cosmici - Weissmann e l'origine della vita. - Le più semplici forme di vita. - Origine delle piante terrestri.

L'intervento della vita sulla Terra ha modificato parecchi processi di formazione delle roccie. Esso ha alterato, oppure ha contribuito ad alterare, il carattere delle acque; quando la vita emerse dalle acque essa modificò il carattere della superficie delle terre; ed essa fu destinata ad essere in molti modi l'agente principale nell'edificare gli strati. Da un punto di partenza storico-geologico, quell'intervento è interessante, come quello che segna l'epoca in cui la temperatura, l'atmosfera, e l'umidità relativa del pianeta erano tali da permettere lo sviluppo del protoplasma. Delle condizioni sotto le quali la sua primissima esistenza divenne possibile o delle cause che la produssero, noi non abbiamo contezza. Le opinioni di quanti considerano la vita organica puramente come un passo nell'evoluzione di ogni materia organica od inorganica, sono ben conosciute, e basta farne qui un breve cenno. Esse non sono giammai state espresse meglio di quanto l'abbia fatto il Prof. Huxley più di quarant'anni fa (1): « Ma si osserverà che l'esitenza della materia di vita

(1) « The Physical Basis of Life », « Fortnightly Review », ristampato nei « Collected Essays », Febbraio, 1869.

dipende dalla pre-esistenza di certi composti, cioè: acido carbonico, acqua, ammoniaca, e che per il solo ritirarsi dal mondo di uno qualunque di essi, tutti i fenomeni vitali andrebbero alla fine. Essi sono connessi col protoplasma della pianta, come il protoplasma dalla pianta si connette con quello dell'animale. Il carbonio, l'idrogeno, l'ossigeno e l'azoto sono tutti corpi senza vita. Di questi, il carbonio e l'ossigeno si uniscono in certe proporzioni e sotto certe condizioni per produrre acido carbonico; l'idrogeno e l'ossigeno producono acqua; l'azoto e l'idrogeno danno origine all'ammoniaca. Questi nuovi composti, come i corpi elementari di cui sono composti, sono privi di vita. Ma quando essi vengono sottoposti insieme a certe condizioni essi danno origine al corpo più complesso: il protoplasma, e questo protoplasma esibisce i fenomeni della vita ».

Il Prof. Huxley aggiunge che egli non ravvisa interruzione in questa serie di passi nella complicazione molecolare, e che egli non giunge ad intendere perchè mai il linguaggio che è applicabile a qualunque termine della serie (come l'acido carbonico), non possa essere applicato a qualcheduno degli altri (tali come la proteina o come il protoplasma). Noi crediamo conveniente di denominare differenti sorta di materia: carbonio, ossigeno, idrogeno ed azoto e di discorrere dei varii poteri ed attività di queste sostanze come di proprietà varie della materia, di cui esse sono composte. « Quando l'idrogeno e l'ossigeno sono mescolati in certe proporzioni e che una scintilla elettrica è fatta passare attraverso ad essi, essi spariscono ed una quantità di acqua, eguale in peso alla somma dei loro pesi, appare in loro vece. Non vi è la minima uguaglianza tra i poteri attivo e passivo dell'acqua e quelli dell'ossigeno e dell' idrogeno, che hanno dato origine ad essa. A 32° F. (0° C.) e per centinaia di gradi al di sotto

di quella temperatura, l'ossigeno e l'idrogeno sono corpi gazosi elastici, le cui particelle tendono a lanciarsi via lontano l'una dall'altra con velocità grande. L'acqua alla stessa temperatura è un solido le cui particelle tendono a collegarsi insieme in forme definite geometriche. Nondimeno noi denominiamo questi fenomeni, come pure molti altri, le proprietà dell'acqua, e noi non esitiamo a credere che, in un qualche modo od in un altro, esse risultino dalle proprietà degli elementi componenti dell'acqua. Noi non presumiamo che un *non so che* detto: « acquosità » sia entrato nell'ossido di idrogeno e ne abbia preso possesso non sì tosto che esso fu formato e quindi abbia guidato le particelle acquee ai loro posti nelle faccette del cristallo, oppure tra le foglioline della brina.

« Il caso ad ogni modo è mutato quando l'acido carbonico, l'acqua e l'ammoniaca spariscono, ed al loro posto, *sotto l'influenza di protoplasma preesistente*, un peso equivalente di materia di vita fa la sua apparizione.

« Egli è vero che non vi è sorta di parità tra le proprietà dei componenti e le proprietà del risultante. Ma non ve n'era neppure nel caso dell'acqua. Egli è pur vero che *l'influenza del pre-esistente protoplasma* è qualche cosa di affatto incomprensibile. Ma potrà forse qualcuno comprendere intieramente il *modus operandi* di una scintilla elettrica, che attraversa una miscela di ossigeno e di idrogeno? Quale giustificazione vi è mai per presumere l'esistenza nella materia vivente di un qualche cosa, che non ha corrispondenza o rappresentazione nella materia non vivente, che pur dà origine all'altra? ».

Dopo che Huxley ha scritto questo passo lo studio dell'atomo e dell'elettricità ha condotto alla credenza che gli elementi stessi non siano immutabili e che la materia e l'energia siano dei termini scambievoli. Se

era possibile ad Huxley di credere che il protoplasma vivente fosse soltanto un'associazione degli elementi in giuste proporzioni — senza interpolazione alcuna di un « principio di vita » — sarebbe ora più facile di credere che la vita consista puramente in una retta coordinazione delle energie e delle sostanze degli elementi. Ma rimane il fatto che, sebbene più di una generazione sia trascorsa dacchè furono scritte le parole di Huxley, le ricerche biologiche non sono maggiormente prossime ad una dimostrazione plausibile delle cause di vita, di quanto lo fossero anticamente. Le conoscenze e la teoria sono ancora vincolate da quel suo inciso, che la vita può solo apparire *sotto l'influenza del pre-esistente protoplasma*. In altri termini, che ove di già non esista vita, non può nuova vita essere evocata.

Esperimenti di Loeb.

Il risultato che si approssima un pochettino ad una modificazione di questa proposizione è sorto dagli esperimenti del Prof. Jacques Loeb e di alcuni biologi Russi. Loeb è riuscito ad eccitare le uova di un riccio di mare facendole sviluppare mediante stimolanti chimici. In un discorso fatto al settimo Congresso Zoologico Internazionale (Boston, 1907) egli riassunse i vari metodi mediante i quali le larve furono prodotte da uova non fecondate di ricci di mare. Il metodo consisteva in parte nel variare la densità dell'acqua di mare in cui le uova esistevano, in parte nel fornire all'acqua un nuovo acido grasso. Le conclusioni di Loeb, stabilite largamente, sono che questi metodi artificiali imitano l'azione che ordinariamente la cellula di sperma fecondatore compie, quando si congiunge colla cellula dell'uovo. Egli considera quest'azione come quella di un semplice metter in moto le attività chimiche del nucleo della cellula dell'uovo e di guidarle

nella retta direzione. Quando una cellula di uovo esibisce le prime indicazioni di ciò che noi possiamo chiamare nascita, il suo nucleo si sviluppa, s'ingrandisce e comincia a dar segni di fendersi. Loeb considera il nucleo come una di quelle sostanze che i chimici hanno chiamato catalizzatori.

Vi esiste un certo numero di sostanze note ai chimici, di cui la sola presenza tra altri corpi sembra esercitare un'influenza dominante su tali corpi, sebbene le sostanze « catalizzatrici » rimangano esse stesse apparentemente non influenzate nel volume loro o della loro costituzione chimica. Qualche traccia di un catalizzatore produrrà la trasformazione chimica di quantità enormemente grandi di altre sostanze, che si trovino in presenza di quelle. Per tal modo una soluzione di perossido d'idrogeno, la sostanza così rinomata per imbianchimento, se abbandonata a sè stessa si separerà molto lentamente in ossigeno e idrogeno. Ma aggiungasi ad essa qualche traccia di platino colloidale, così finemente diviso che il platino non sia che $\frac{1}{500.000.000}$ del volume del liquido, e la scissione avverrà subito.

Le sostanze inorganiche non sono i soli catalizzatori. Molti organismi viventi hanno lo stesso potere. Per tal modo una goccia di sangue aggiunta al perossido d'idrogeno compirà la stessa azione, ed essa sarebbe dovuta alla presenza di un agente catalizzatore nel sangue, che è denominato « emase ». Similmente la « diastase » trasforma l'amido in zucchero. Loeb, come noi abbiamo detto, considerava il nucleo della cellula dell'uovo quale avente le proprietà di un catalizzatore ed egli crede che mediante convenienti addizioni chimiche, questo catalizzatore possa essere chiamato in attività. Ma, sebbene un agente chimico possa per tal modo essere apparentemente fatto compiere ***una delle funzioni*** della cellula di sperma che sposa la cellula dell'uovo, il processo ed i suoi risultati sono

ben lungi dall'essere completi; ed il Prof. Loeb è lontano dall'essere dogmatico circa il punto del poter sempre essere capace di produrre della materia vivente da materia inanimata.

Generazione spontanea.

A dirla brevemente, le precise condizioni sotto cui la vita può cominciare *ex novo*, o sotto cui essa era nata, non sono state stabilite; sebbene sembri ragionevole supporre che se la vita è chimica nella sua origine, egli è altrettanto verosimile che essa sia per nascere sotto nuova forma, venendo fuori dalla materia inanimata, altrettanto adesso, quanto ad ogni altro periodo della storia del mondo. Questa posizione è chiaramente stabilita nell'opera del Dr. Charlton Bastian « The Nature and Origin of Living Matter » (1905): « Per presumere che l'origine naturale della materia vivente abbia avuto luogo soltanto una volta nel remoto passato, e che essa non sia stata ripetuta, oppure se ripetuta in tempi passati, che essa non lo sia più, devesi considerare questo processo come una sorta di miracolo naturale, e devesi ammettere per data una soluzione di continuità che deve soltanto esser possisibile di fronte alla evidenza schiacciante della sua realtà..... Per la materia vivente l'essere venuta ad esistere nel remoto passato geologico, quando nulla di questo genere esisteva, deve essere stata cosa di gran lunga più difficile di quanto sarebbe per essa il sorgere *ex novo* ora e durante le età passate, dopochè le cose viventi sono state abbondanti sulla faccia della Terra (1). Originariamente non vi sarebbero stati com-

(1) Tuttavia devesi far menzione del modo di vedere alternativo, a cui dei fisiologi come Verworn e Preyer hanno dato una qualche sorta di autorità. Secondo questa veduta il principio essenzialmente attivo della materia vivente, è una radicella di cianogeno, un composto di azoto e di carbonio che è prodotto

posti organici sulle acque, diffusi dalle pre-esistenti cose viventi, tali come comunemente esistono oggidì, poichè della materia di questa sorta avrebbe avuto essa stessa da divenire in esistenza mediante agenti naturali, prima che il passo successivo, in fatto di complicazione, avvenisse: cioè prima che avvenisse la formazione della stessa materia vivente ».

Noi abbiamo citato il Dr. Bastian, a dispetto dell'eterodossia riconosciuta di molte delle sue vedute circa le origini della vita, perchè egli è uno dei più abili difensori della permanenza dell'archebiosi. Egli aggiunge: « Quando si dice che il credere alla generazione spontanea (archebiosi) tenderebbe a contraddire l'esperienza di tutto il genere umano — tanto più dacchè noi siamo abituati a vedere le cose viventi procedere invariabilmente o prendere l'origine loro dalle altre cose viventi — la mia replica si è che l'archebiosi può avvenire tutto attorno a noi, e che per la sua vera natura essa deve essere un processo che si trova intieramente al di fuori dell'umana osservazione e che non sarà giammai verosimile che essa debba venire entro i limiti reali della comprensione dell'uomo ». In altri termini, i principî della vita sono ultra microscopici: e nessun potere visivo potrà mai rivelare i loro determinanti chimici o fisici.

Germi cosmici.

Questa è forse la posizione la meno oppugnabile che un biologo possa occupare riguardo agli inizî primissimi della vita sovra un pianeta; ed essa, ad ogni modo lo preserverà dalla ipotesi, per la quale Lord

solamente ad alta temperatura. Le sostanze cianiche possono essere esistite in più grande quantità quando la Terra era più calda.

Kelvin si comportò una volta quasi da mallevadore (1) e che è stata più recentemente caldeggiata dal Professor Arrhenius, che la vita fosse venuta al nostro pianeta da qualche altra località dell'universo. Una questione che naturalmente tien dietro alla supposizione che tali germi di vita esistano altrove nello spazio, prende la forma di una domanda del come essi potevano venire a questo pianeta: e come essi potevano sopravvivere al viaggio.

Il Prof. Arrhenius ha cercato di ritenere la teoria più plausibile coll'introdurvi delle considerazioni relative alla vita delle spore in condizioni di un freddo estremo; ed anche relative alla pressione di radiazione. Vi sono molti fenomeni che sono spiegati col supporre che la radiazione da un corpo brillante (per esempio il Sole) eserciti una pressione definita. La pressione della luce del Sole sulla Terra è stata calcolata dal Prof. Poynting a 75.000 tonnellate. La pressione di questa luce diminuisce l'attrazione del Sole, dovuta alla gravità, soltanto di un quaranta-bilionesimo, ed è quindi trascurabile. Ma la pressione della luce sui piccoli corpi, ossia la polvere cosmica, che vanno gironzolando attorno pel sistema solare, non è trascurabile. Se si suppone esistere una sfera che sia solamente un quaranta-bilionesimo del diametro della Terra, e sia in realtà non di molto lontana dalle dimensioni di una molecola, allora la pressione della luce su di quella sarebbe uguale all'attrazione di gravitazione.

Applichiamo queste considerazioni agli esempi possibili di polvere cosmica, che fluttua attraverso tutto lo spazio, e non sembra intieramente chimerico che una chiazza di polvere contenente il germe della vita

---

(1) Per un incidentale riferirsi ad essa dal seggio Presidenziale della British Association (1871). — (Il vocabolo inglese è *sponsor*, ossia padrino al fonte battesimale. - *Nota del Trad.*).

abbia potuto essere espulsa da qualche altro pianeta, o persino da qualche altro sistema solare diverso dal nostro proprio, ed ancor abbia potuto essere portata su questo pianeta o su questo sistema solare. Avrebbe potuto un tal germe sopravvivere alle estreme prove sue di temperature, od alla lunghezza del suo viaggio?

A queste dimande risponde il Prof. Arrhenius (1) che qualche germe di vita, come gli stafilococchi, sono stati sottoposti alla temperatura dell'aria liquida (195° C. sotto il punto di congelazione dell'acqua) per parecchi mesi ed hanno conservata la vitalità loro. Il freddo dello spazio non è molto più intenso di quello. Cosicchè egli è concepibile ad ogni modo che la vita potesse essere trasportata da pianeta a pianeta e tuttavia sopravvivere ai probabili casi che avesse incontrato. Tuttavia è stato posto in dubbio se i germi di vita di qualunque sorta potrebbero sopravvivere ai raggi ultra-violetti che attraversano lo spazio.

L'ipotesi dell'immigrazione, peraltro, come ha osservato Miss Agnes Clerke, quand'anche fosse plausibile, non avrebbe potuto essere utilizzata. Le difficoltà non vengono meno soltanto per essere state cacciate in un canto: il problema della vita rimane altrettanto formidabile in un mondo come in un altro.

Commentario di Weissmann.

Weissmann (2), il quale confessa di non scorgere salvamento all'infuori dal presumere la generazione spontanea sul pianeta, ci fa osservare che tutti i tentativi per scoprire le condizioni colle quali la generazione spontanea abbia avuto luogo, devono ciò non

(1) « The Life of the Universe », Vol. II, pag. 254-5, tradotto in inglese dal Dott. Barms (Harpers), 1909.

(2) « The Evolution Theory », by A. Weissmann (tradotto in inglese da J. A. Thomson Arnold (1904) Vol. II, pag. 366, 371, 410.

ostante, restare infruttuosi. Egli è perchè non soltanto è inverosimile che noi siamo per diventare capaci di riprodurre le condizioni precise, ma persino se noi avessimo fatto sorgere il risultante germe di vita da ciò che noi supponiamo, per ipotesi, essere le richieste combinazioni chimiche e fisiche, quello sarebbe invisibile. Weissmann giunge alla conclusione che i minuti organismi viventi, « biofori », o « apportatori di vita », come egli li denomina, formano la base di tutti gli organismi. Ma questi « bioforidi », che sono le sole unità che si sarebbero potute supporre sorgere spontaneamente dalla materia inorganica, « sono così lontanamente al disotto dei limiti della visibilità che non v'ha nessuna speranza che noi possiamo venir in grado di percepirli..... persino se ci accadesse di produrli ».

Weissmann continua :

« La questione circa al « dove » della generazione spontanea deve pure esser lasciata senza qualche risposta definita. Alcuni hanno supposto che la vita cominciasse nelle profondità del mare, altri sulla spiaggia, ed altri sull'aria. Ma chi saprebbe indovinare questo, quando noi non possiamo neppure enunciare teoricamente le condizioni ed i materiali coi quali delle sostanze simili alle albuminoidi potrebbero essere fabbricate nel laboratorio. L'ipotesi di Nägeli pare a me di avere ancora la più grande delle probabilità. Secondo la di lui teoria le prime particelle viventi ebbero origine, non già in una massa libera di acqua, ma in uno strato superficiale di una sostanza fine e porosa simile all'argilla od alla sabbia, in cui le molecole di corpi solidi, liquidi e gazosi fossero in grado di cooperare.

« Questa sola cosa è certa, che ovunque abbia potuto la vita aver la prima origine su questa terra, essa può soltanto essere sorta sotto forma delle più

semplici e più minute unità vitali, le quali, ben anche adesso, noi possiamo soltanto ***inferire*** di essere parti di corpi viventi, ma le quali debbono dapprima essere sorte come organismi indipendenti ».

(Weissmann chiama biofori questi organismi indipendenti, oppure collettivamente, i bioforidi). Dacchè questi possedevano i caratteri di « vita », essi devono aver posseduto prima di tutto la capacità di assimilare nel senso in cui le piante assimilano, cioè, di rinnovare la loro sostanza corporea continuamente da sostanze inorganiche : e devono aver avuto la capacità di svilupparsi, e quella di riprodursi. Il primo progresso verso un più alto stadio di vita deve essere stato compiuto mediante la moltiplicazione; si sarebbero formate delle accumulazioni di bioforidi.

In questo modo si sarebbe varcata la soglia della visibilità microscopica : ma assai prima di quel tempo una differenziazione dei biofori, sul principio della divisione del lavoro, avrebbe avuto luogo entro le colonie di bioforidi. Il primo passo verso un'organizzazione più elevata deve probabilmente aver richiesto enormi periodi di tempo: perchè prima che una qualunque differenziazione potesse avvenire e portare qualche vantaggio a quelle unità di vita, le masse di esse devono essere diventate sistematiche, e devono aver formato tra di loro stesse una forte associazione con forma definita e struttura definita. Soltanto allora fu fatto il passo ulteriore di differenziazione dei biofori individuali formanti la colonia... Queste colonie differenziate ci portano più vicino ai più bassi organismi conosciuti, tra cui ve ne sono alcuni di cui l'esistenza può solamente essere nota per deduzione.

I batteriologi ad alcuni dei più piccoli organismi non discernibili danno il nome di « passanti pei filtri », perchè i più fini filtri dei laboratori non possono trattenerli : ed essi non sono giammai stati veduti. Il ba-

cillo della febbre suina, del colera del fieno, e probabilmente della difterite dei polli, si sospetta sieno dei « passanti per i filtri » invisibili; e vi sono molti disturbi dell'uomo che sono attribuiti ad organismi similmente minuti ed invisibili.

Gli organismi invisibili sono stati denominati « monere », ed è supposto che esse siano prive di nucleo. Queste monere non nucleate gettano un ponte sulla via per la formazione di nuclei, e, quando lo stato della formazione di un nucleo è raggiunto; la vita è pervenuta allo stadio della cellula. Il nucleo, secondo l'opinione di Weissmann, è primariamente un magazzino di « costituenti primari »; e la sua origine deve aver cominciato al tempo in cui il corpo della cellula raggiunse uno stadio, nel quale esso aveva cotante e così svariate cose da fare per le sue differenti parti, che un semplice dividersi in metà non avrebbe bastato — egli era pur necessario che ciascuna metà potesse prendere con sè un fondo di riserva dal « magazzino dei costituenti primari ».

Le più semplici forme di vita.

Tuttavia noi non abbiamo bisogno di proseguire oltre in questa differenziazione con approssimazione maggiore.

Pensiamo, con Weissmann, alla più semplice monera microscopica nel fango della costa del mare, fornita di facoltà d'assimilazione pari a quella delle piante. Noi vedremo che la moltiplicazione illimitata di questi organismi cagionerebbe delle differenze di nutrizione, poichè quelli giacenti nei punti più elevati starebbero in condizioni di luce molto più forte di quelli che stanno al disotto, e sarebbero quindi meglio nutriti, e per conseguenza trasmetterebbero alla progenie loro le variazioni per tal modo cagionate. Così egli è concepibile che persino la posizione più o meno favore-

vole rispetto alla luce, sarebbe cagione dell'origine di due differenti razze da un medesimo stampo progenitore. Come ciò si può concepire nel caso della luce, così può essere pur fatto rispetto a tutte le influenze che cagionano variazione negli organismi.

Il problema della natura delle prime cose viventi sta quindi, considerevolmente al di là di ogni possibilità di osservazione. Gli strati geologici i più antichi ed i più profondi, nei quali possano essere trovati dei fossili, contengono degli animali di un tale grado, relativamente così alto, di organizzazione, che essi certamente devono aver avuto una serie lunghissima di antenati dietro di essi. Il complesso delle radici del loro albero genealogico sta sepolto in roccie di cui la vera natura è stata alterata e disorganizzata da pressioni enormi e probabilmente da alte temperature. Noi non possiamo far meglio che citare a questo punto le osservazioni di Sir E. Ray Lankester (1) sulle prime forme ipotetiche della vita:

« Qual era la natura del primo protoplasma che fu evoluto dalla materia non vivente sulla superficie della Terra? Era quel primo protoplasma molto più simile ad un protoplasma animale, oppure ad uno vegetale, quali essi oggidì sono noti a noi? Per quali gradi venne desso ad esistere?

« Per dirla in quattro parole, l'opinione dell'autore si è che quel primissimo protoplasma non possedesse della clorofilla, e per conseguenza non avesse virtù di nutrirsi di acido carbonico. Uno stato di cose ammissibile si è che una grande quantità di albuminoidi e di altri consimili composti sia stata chiamata ad esistere da questi processi che hanno raggiunto il grado più elevato nello sviluppo del primo protoplasma; e pare

(1) « Protozoa », by E. Ray Lankester, « Encyclopœdia Britannica » (6ª edizione). Vedi pure « A Treatise on Zoology », Parte I. « Protozoa » by E. Ray Lankester, Introduzione, pag. xv.

abbastanza verosimile che il primo protoplasma vivesse alle spese di quegli stadi che l'avevano preceduto nella sua evoluzione, appunto come degli animali si nutrono di composti organici al presente giorno, più specialmente come i grandi plasmodii striscianti di alcuni Micetozoi si nutrono di rifiuti vegetali. Veramente non sembra del tutto improbabile che... i Micetozoi rappresentino più strettamente che ogni altra forma vivente gli antenati che hanno dato origine a tutto il mondo organico.

« A stadi susseguenti nella storia di questa materia vivente arcaica, per evoluzione venne fuori la clorofilla e conseguentemente il potere di assorbire carbone dall'acido carbonico. Le piante « verdi » divennero possibili per l'evoluzione della clorofilla, ma è difficilissimo il solo congetturare attraverso a quali forme di antenati esse abbiano avuto la loro origine, oppure se più di una volta, vale a dire se più di una diramazione ne siano derivate.

« I Protozoi verdi flagellati (Volvocinee) forniscono certamente un punto di connessione per mezzo del quale è possibile di allacciarsi colla genealogia delle piante verdi al protoplasma primitivo. È degno d'osservazione che essi non sono molto primitivi, e sono in realtà delle forme altamente specializzate se paragonate col nudo protoplasma del plasmodio dei Micetozoi.

« Quindi noi siamo indotti a mantenere il paradosso che sebbene l'animale dipenda dalla pianta per il suo nutrimento, tuttavia esso abbia quella preceduto nell'evoluzione ».

Un esempio delle difficoltà che s'incontrano nel trattare dei primi gradi dello stabilirsi della vita sulla Terra è manifestato dalla pubblicazione nel 1908 del trattato di Bower sull'origine delle piante terrestri (1).

(1) « The Origin of a Land Flora », by F.O. Bower F.R.S. (1908).

Origine delle piante terrestri.

Il trattato del Prof. Bower è basato sull'opinione in cui egli ha lungamente persistito circa l'alternarsi di generazioni di piante terrestri. Nell'esaminare le cause di queste alternazioni egli scopre un modo possibile dell'origine loro, e su di quello fonda una teoria delle piante dal mare. L'opinione del prof. Bower, stabilita su larghe basi, si è che la pianta di terra sia emessa dal mare come un semplice tallo portante una cellula-uovo. Questa, nella fecondazione, invece di dare origine subito ad un nuovo individuo sessuale produsse uno sviluppo vegetativo, che finì colla produzione di spore non sessuali. La struttura vegetativa intercalata in questa guisa (mediante un'elaborazione di una cellula-uovo) divenne la seconda generazione della pianta (sporofito).

Lo sporofito senza sesso conquistò la Terra asciutta; la fase sessuale, il gametofito, con la sua aderenza conservativa ai metodi tradizionali, rimase dipendente da un ambiente circostante più o meno umido, fintantochè le piante di seminagione giungessero ad essere sviluppate. Allora il protallo divenne un semplice parassito sullo sporofito racchiuso entro il megasporangio, cosicchè la fecondazione poteva aver luogo nella pianta stessa... Tale è la teoria abbozzata con dei contorni molto imperfetti ed a brevi tratti. Ma essa è stata fatta segno agli attacchi dei botanici, i quali sostengono che la credenza in una distinta e separata origine per le due generazioni nel ciclo della vita delle piante, non può essere sostenuta, e buona parte dei lavori recenti (di Lloyd Williams ed altri) favorisce l'idea che non vi fosse introduzione di qualche nuova fase, nel ciclo della vita delle piante, ma che le generazioni alternantisi di esse, siano provenute dalla modifi-

cazione di piante individuali omologhe. Il soggetto è di un carattere troppo astruso perchè possa essere esaurito in un riassunto generale; ma la difficoltà di formare delle generalizzazioni di questa sorta sarà con ciò dimostrata.

Lo scopo del capitolo, che quì ha termine, non è già di pronunziarsi su codeste teorie rivali, ma di additare almeno in parte la lacuna che sta interposta tra lo sviluppo inorganico e quello organico, sul pianeta.

CAPITOLO XI.

Agenti all'opera.

Circolazione atmosferica. - Trasporto di polvere. - Erosione atmosferica e dune di sabbia. - Pioggia. - Azione delle acque correnti. - Azione del mare. - Acque sotterranee.

Da questo punto in avanti il pianeta può essere considerato come un corpo in cui tutti gli agenti, che vanno presentemente alterando la di lui superficie o la di lui costituzione, siano al lavoro — cioè: aria, acqua, calore esterno ed interno. I primi due di questi agenti possono essere riguardati come i più importanti nel lavoro da muratore di collocare gli strati della superficie della Terra; all'ultimo, fra quelli dianzi detti, può essere assegnata la parte di alterarli e di disporli. Ossia, per variare la metafora, l'aria e l'acqua hanno fabbricato i mattoni della crosta del pianeta; ed il calore li ha cotti.

Nella storia dell'arte della guerra vi è sempre stato progresso nel senso della maggior mobilità; la prontezza del movimento è stato un largo compenso della diminuzione del peso di equipaggiamento. Il paragone indica il perchè l'atmosfera senza consistenza abbia avuta una parte importante nel foggiare la storia del pianeta — dacchè essa possiede una grande mobilità ed una grande attività chimica. Incidentalmente la presenza di essa ha ajutato il lavoro del Sole e fu alleata coll'opera dell'acqua nel produrre pioggia e rugiada e nell'allevamento della vegetazione. La prima attività

dell'atmosfera consiste nel produrre gli effetti meccanici del trasporto di polvere. L'esplosione del Krakatoa nel 1893 ha fornito un'evidenza meravigliosa del modo col quale l'atmosfera a grandi altezze possa essere carica di polvere; e sebbene la presenza di polvere a tali livelli in quest'esempio fosse così eccezionale, tuttavia della polvere, in quantità più o meno grandi, è sempre portata all'insù. Lo studio dell'atmosfera per mezzo di aquiloni e di palloni ha rivelato molti fatti non prima sospettati, concernenti gli strati di quella ed i movimenti loro.

Il Dott. W. N. Shaw, dell'Ufficio Metereologico, ha paragonato i suoi strati alle invoglie di una cipolla; e Mr. Lawrence Rotch ha dimostrato che in qualsiasi regione della Terra sia esaminata l'atmosfera vi si troverà, ad un'altezza di parecchie miglia, uno strato, denominato « lo strato d'inversione » in cui la temperatura cessa di diminuire col crescere dell'altezza. Questa non è la sola inversione di condizioni che si incontri nell'atmosfera. Ad altezze variabili i venti della superficie sono sostituiti da correnti d'aria costanti secondo la stagione; e queste a loro volta sono probabilmente sussidiarie per una circolazione generale dell'atmosfera dovuta agli effetti combinati del calore del Sole e della rotazione della Terra. Un pianeta che va roteando e che è avvilupato da un'atmosfera porta con sè questa sua atmosfera; ma non è certo se l'atmosfera sdruccioli (1), come il pianeta rota, ed in quale misura; e l'effetto del calore del Sole nel perturbare la circolazione dell'invi-

(1) Il fenomeno accennato sarebbe meglio espresso col vocabolo *slittare*, ove questo fosse italiano, e non soltanto sportivo. In altri termini si suppone che l'atmosfera segua il movimento di rotazione con qualche ritardo nella velocità. (*Nota del Trad.*).

luppo atmosferico aggiunge un altro fattore ad un problema tuttora così incompletamente inteso (1).

Trasporto di polvere.

Pochi, fra i venti terrestri, possono essere orizzontali: i più hanno un'inclinazione all'insù od all'ingiù; e vi sono delle ragioni per credere che l'aria, quando essa è riscaldata dalla superficie, non si innalzi in larghi strati, ma in spirali, o polle di aria, di forza più o meno grande. Da queste spirali la polvere è portata all'insù ed è trasportata dalle correnti superiori a distanze grandi. Difficilmente trovasi un qualche campo di neve così alto da non portare le evidenze della polvere che è stata trasportata colà.

---

(1) « Egli è vero che molto rimane da farsi nel condurre a termine i particolari di questo soggetto; ma i principî capitali ammettono espressioni semplicissime.

Brevemente, le variazioni della pressione atmosferica sulla superficie della terra dipendono da differenze di temperatura, umidità, e della forza centrifuga — per usare un termine utile, per verun modo scevro di obbiezioni, ma sufficientemente ben inteso. La tendenza del calore solo farebbe aumentare di continuo la pressione dall'equatore ai poli. Quella della forza centrifuga da sola ha esattamente l'effetto contrario, poichè l'aria che si muove verso i poli ha una velocità di rotazione più grande di quella che le sarebbe propria, nella sua latitudine nuova, e quindi tende a sollevarsi, mentre l'aria che si muove verso l'equatore tende ad abbassarsi.

L'ampiezza di quest' effetto è dipendente dalla ragione di variazione di lunghezza del raggio di rotazione, una ragione che aumenta rapidamente coll'approssimarsi al polo. Per tal modo avviene che mentre l'influenza della differenza di calore è maggiore nelle basse latitudini, quella della differenza della forza centrifuga è più potente nelle alte latitudini. Quindi se la Terra fosse uno sferoide solido uniforme, vi sarebbe una zona di bassa pressione attorno all'equatore e due aree di bassa pressione ai poli, e trammezzo alle aree polari e la zona equatoriale vi sarebbero zone di alta pressione. Tuttavia nelle regioni più fredde, l'aria sopra l'alto mare è, di regola, più calda, come

E non devesi neppure dimenticare il potere del vento nel trasferire la vita insieme colla polvere. Mr. E. M. Kindle, dell'Istituto Geologico degli Stati Uniti, ha notato nel rompere la distesa di ghiaccio del Mare di Behring un gran numero di pezzi di ghiaccio colorati da lordure o da polvere. La finissima tenuità della polvere suggeriva che la massima parte di essa giungesse alla superficie del ghiaccio trasportatavi dal vento. Questo materiale fine si era radunato in piccole pallottole col fondersi del ghiaccio e della neve.

Il colore della polvere era grigio, nero e bruno, e la polvere nera era, senza alcuno dubbio, di origine vulcanica. Ma la caratteristica la più interessante di questa polvere portata sul ghiaccio era, la presenza di diatomee marine in pressochè tutti i campioni. Questi organismi erano intieramente altrettanto abbondanti nei campioni di polvere di origine vulcanica, quanto in quelli di polvere grigia non vulcanica. In correlazione con questo noi possiamo rammentare il fatto che, sebbene l'esplosione del Krakatoa riducesse l'isola ad un mucchio di ceneri incandescenti, essa è adesso da un lato coperta di vegetazione. È stato supposto che i primi passi nel ricoprirsi di vita fossero compiuti col

---

pure più umida di quella sovrastante a masse di ghiaccio o di terre. Dei tratti di alto mare nelle altitudini elevate sono quindi caratterizzate da pressione anormalmente bassa. In armonia con questo noi troviamo nell'Atlantico del Nord e nel Pacifico due aree di bassa pressione sovrapposte alla diminuzione regolare di pressione dalle più basse latitudini allo stesso Polo Nord. Similmente nell'emisfero del Sud l'aperto mare circum-Antartico dà origine ad un circolo di pressione anormalmente bassa. Inoltre, nella regione delle Terre e dei ghiacci Antartici, la pressione è probabilmente alquanto più alta, approssimandosi alla normale bassa pressione del Polo. (J. W. Evans, « Science Progress », December, 1908).

frantumarsi dei silicati rocciosi causato da micro-organismi del suolo. I susseguenti sviluppi vegetativi furono dovuti a semi e spore portate ivi, o dal vento o dalle acque.

È stato osservato che, mentre sarebbe forse un'esagerazione il dire che ciascun miglio quadrato della superficie del suolo della Terra contenga delle particelle di polvere ad esso recate dai venti da ciascun altro miglio quadrato, tuttavia una tale proposizione non è molto lontana dal vero. Vi sono molti esempi di estesi depositi di polvere. Nella China vi è una estesa formazione terrosa, il *loess*, che raggiunge qualche volta 1000 piedi di spessore (circa 300 m.), che alcuni geologi credono essere stata depositata dal vento, e, sebbene questa conclusione sia stata contestata, il *loess* di altre regioni è certamente portato dal vento.

In varie parti del Kansas e del Nebraska vi sono dei considerevoli giacimenti di polvere vulcanica, qualche volta trenta piedi di spessore, che deve essere stata trasportata colà dal vento, sebbene non vi siano dei punti conosciuti di azione vulcanica, tanto per il passato quanto presentemente, entro la cerchia di qualche centinaia di miglia dalle località dove la polvere si trova. Molta parte della polvere trasportata dal vento è recata sui mari e sui laghi, ed in quelli essa cade. Per mezzo di essa sono formati dei sedimenti che si raccolgono nei fondi dei mari e dei laghi. Non vi è peraltro il mezzo di determinare l'ammontare della polvere sbattuta dal vento nel mare : ma probabilmente, se tali determinazioni fossero possibili, il risultato stabilito in peso sarebbe sorprendente.

Sir Thiselton Dyer, dopo una nebbia che vi fu a Londra verso Natale, alcuni anni addietro, fece raschiare e lavare tre acri (circa 120 are, ossia 12.000 m. q.) di vetri, che riparano le piante a Kew. Egli ne estrasse sei tonnellate di polvere in gran parte

precipitata dal fumo (1). Se le nebbie di Londra possono far tanto colle particelle di carbone, qual peso di tonnellate per ogni acro non si accumulerebbe sul fondo del mare, nel corso di secoli, dalle particelle di altre sorta di polvere. Le pioggie nere e rosse o le nevi colorate (2) che qualche volta cadono, e che sono state avvertite nelle isole Britanniche e tra le montagne della Svizzera, debbono talvolta il loro colore a polvere trasportata: e della polvere di pioggia di questa sorta nel sud dell'Inghilterra è stata dimostrata essere molto verosimilmente derivata dagli uragani di sabbia dell'Africa o da temporali di polvere.

Erosione atmosferica.

Tuttavia l'opera principale dell'atmosfera consiste nell'alterare le caratteristiche delle località in cui essa ha di già polvere o sabbia da lavorare. Delle dune di sabbia, che si trovano per tutto il mondo, da Southport al Sahara, e dalle coste del Belgio a quelle del Lago Michigan, sono gli esempi i più famigliari di questo genere di architettura atmosferica. Una volta che i venti hanno posto le fondamenta di una duna di sabbia, essa si sviluppa mediante ciò che essa nutre sopra di sè: ed offre alloggio per quantità sempre più crescenti di sabbia. Le dune sono talvolta di 200 o 300 piedi (da 60 a 100 m.) di altezza: sebbene esse difficilmente sieno, nei casi più frequenti, più di un decimo di quell'altezza. Il limite varia secondo le condizioni differenti. La velocità del vento

---

(1) Ossia Chilogr. 50 per ogni ara, oppure 1/2 Chilo per ogni m. q. di superficie. (*Nota del Traduttore*).

(2) Sulle nevi cadute da qualche tempo si sviluppano talvolta dei micro-organismi in quantità considerevoli, sì da colorar quelle con svariati colori. Ma qui dicesi delle nevi che cadono già colorate. (*Nota del Traduttore*).

è minore ai livelli più bassi, e quando è costrutta una duna, vien raggiunta una certa altezza, alla quale i venti superiori più forti portano via maggior quantità di sabbia, di quanta ne sia portata sulla cima. Le altezze approssimativamente eguali delle creste di molti dorsi di dune devono essere spiegate in questa maniera. Le dune possono assumere la forma di monticelli o di creste. Entrambe queste forme si rinvengono nel Sahara, dove, molto probabilmente le dune di sabbia pervengono al loro più alto grado di sviluppo. Talvolta capita di imbattersi colà in creste di dune che sono così alte e ripide che riesce assai malagevole farne l'ascensione ed ai viaggiatori tocca farne il giro alla base per parecchie miglia a fine di trovare una interruzione per la quale la duna possa essere attraversata. La sabbia portata dal soffiar del vento non prende sempre la forma di dune; ma il suo accumularsi è talvolta ancora maggiormente impressionante. Lyell nei suoi « Principles of Geology » ha notato che « borgate e città innumerevoli sono state seppellite a ponente del Nilo, tra il tempio di Giove Ammone e la Nubia..., e... la sabbia, che ha circondato e riempito il gran Tempio di Ipsambul, dapprima scoperto da Burchardt, e di poi parzialmente sterrato da Belzoni e Beechey, era così fine da rassomigliare ad un liquido in movimento..... Il seppellimento di parecchi borghi e villaggi nell'Inghilterra ed in Francia, mediante sabbia portata dal vento, vien rammentato; così, per esempio, nel Suffolk nell'anno 1688, parte di Downham fu ricolma da sabbie che erano sfuggite, spezzando le barriere loro, circa cento anni prima, da una landa situata distante cinque miglia a sud-ovest. Questa sabbia aveva, nel corso di un secolo, viaggiato per cinque miglia, ed aveva ricoperto più di un migliaio di acri di terreno » (400 ettari).

Le dune stesse possono migrare, a ciò indotte da

un continuo transferirsi di sabbia dal loro sopravvento verso il lato opposto (sottovento). Un esempio notevole della migrazione di una duna di sabbia (1) è ricordato nel Kurische Nehrung sulla costa Nord della Germania. Il Nehrung è una lunga e stretta lingua di terra, composta di sabbia giacente lungo la costa principale. Un cent'anni addietro vi era una grossa cresta di duna attraverso un lato. Essa ha migrato direttamente attraverso una chiesa situata sulla metà della lingua di terra. Nel 1809 la duna era a ponente della chiesa; nel 1839 essa si era trasportata verso il sottovento tanto quanto bastava per seppellire la chiesa; nel 1869 la sua migrazione aveva proceduto così lontano che la chiesa era di nuovo scoperta.

Quando le dune migrano in una regione alberata esse seppelliscono gli alberi ed uccidono la foresta. Sulla costa settentrionale della Germania una foresta di pini di parecchie centinaia di acri fu così distrutta in venti anni: ed il trasferimento della duna oltre la foresta lascia dietro di sè soltanto devastazione. Noi abbiamo qui solamente da considerare gli effetti della sabbia portata dal vento quando è lasciata alle forze non perturbate della natura; ma la natura, che talvolta arresta il progresso di una duna col rivestirla di un mantello di vegetazione vigorosa e vincolante, ha mostrato al genere umano il modo con cui devesi trattare con questi agenti distruttivi. Lo studio scientifico delle dune di sabbia ha rivelato le leggi a cui esse obbediscono, ed ha dimostrato in qual modo possa il vento edificarle e demolirle. Lungo le coste del Belgio, e quelle del Baltico, e più recentemente nelle regioni interne del continente Nord Americano, sono stati presi dei provvedimenti col costrurre delle difese alberate, degli

(1) Citato da Chamberlin e Salisbury, dietro Credner, « Elemente der Geologie ».

steccati contro il vento, e delle gittate protettrici per alterare la distribuzione e la formazione di dune di sabbia e persino per renderle distruggitrici di loro stesse. Lasciando tuttavia queste considerazioni, noi dobbiamo solo osservare che si trovano verosimilmente delle dune ovunque la sabbia è esposta al vento, lunghesso le spiaggie asciutte e sabbiose dei laghi e dei mari, le vallate sabbiose, e le pianure secche e sabbiose. Per solito lungo le coste esse saranno principalmente trovate soltanto quando i venti predominanti sono fuori del mare o del lago. Nei bassi fondi delle acque una secca può essere edificata dall'acqua e può innalzarsi al disopra del livello di quella. Quando l'acqua s'abbassa la sabbia asciuga e si accumula in dune. In tal guisa un processo di « rivendicazione » dal mare può essere posto in moto da cause naturali.

L'effetto del vento sulle superfici rocciose non sarebbe da tenere in conto se non fosse per la sabbia e per la polvere che quello porta. Il lavoro che esso può compiere quando è munito di quest'arnese di erosione può essere inteso col riferirsi ai getti di sabbia artificiali che sono usati per incidere cristalli e talvolta per nettare o raschiare le superfici dei lavori di pietra. Delle superfici di roccie, specialmente di arenaria, o quando la roccia è composta di strati di durezza disuguale, sono spesso incisi dalla sabbia portata dal vento in modo che colpisca fortemente. L'erosione quindi è di tre sorta. I venti raccattano i frammenti di superfici già sfasciate, e per tal modo portano abbasso le superfici; i materiali così raccattati logorano le superfici contro a cui essi sono proiettati; e la sabbia stessa patisce una riduzione nel suo viaggio. Questi agenti sono sempre insidiosamente all'opera; e quando sono stimolati da violenti perturbazioni atmosferiche, il cambiamento che essi compiono può essere molto grande. Dei cicloni devastatori non sono

delle eventualità frequenti nell'Europa; ma ben anche nella Scozia l'intiera foresta di Drumlanrig fu rovesciata dal vento nel 1756; e circa cent'anni prima la rovina di una foresta presso a Lochbroom nel Ross-shire diede origine ad una grande torbiera, donde, meno di mezzo secolo dopo la caduta degli alberi, gli abitanti estraevano della torba.

Persino quando il vento tace, l'atmosfera è silenziosamente intenta all'opera; conservando il calore dei raggi solari; aiutando alla formazione della rugiada e della pioggia e della brina e della neve; e per tal modo promuovendo quei varii effetti classificati sotto il nome di azione degli elementi. La subitanea applicazione di caldo o di freddo ad un vetro lo farà screpolare; e le variazioni di calore e di freddo a cui sono sottoposte le roccie di giorno e di notte vanno lentamente producendo consimili effetti. Se dell'umidità abbondante è presente sulla superficie delle roccie allora essa gelando e disgelando compirà più rapidamente quegli effetti.

Gli effetti sono stati denominati i « lavori di cuneo » del ghiaccio. « L'importanza di questo metodo di rottura della roccia », osserva il Prof. R. D. Salisbury, « raramente è stata apprezzata eccettochè da quelli che hanno lavorato in regioni elevate e secche. Coloro che fanno ascensioni di alte montagne sanno che quasi ciascun alto picco è di roccia frantumata sì da renderne l'ascensione pericolosa ai non iniziati. Delle alte punte dentate, specialmente di roccie cristalline, sono, per regola, letteralmente suddivise in pezzi. I cumuli di frammenti che giacciono alla base dei pendii di erte montagne sono spesse volte in gran parte il risultato del processo di cui si discorre. Nelle regioni montuose, dove le condizioni atmosferiche favoriscono dei cambiamenti subitanei di temperatura, degli acuti scoppii del dirompimento di masse roc-

ciose si odono di frequente. Masse di roccia, del peso di centinaia di libbre, sono per tal modo frequentemente staccate e partono per la loro corsa verso il fondo della valle. Linvingstone ha raccontato che « la temperatura delle superfici di roccia nell'Africa raggiunge certe volte i 137° F. (58° C.) durante il giorno e si raffredda sufficientemente di notte per spaccare dei blocchi di 200 libbre di peso... La rottura delle roccie per cambiamenti di temperatura non è abitualmente il risultato di una sola variazione di temperatura, ma piuttosto di molte successive dilatazioni e contrazioni... I picchi aguzzi come aghi che segnano le sommità di serie intiere delle più alte catene di montagne sono moltiplicati in gran numero mediante il processo qui delineato ». Persino nelle basse latitudini e nella maggior parte dei climi gli effetti dei cambiamenti della temperatura si vedono spesso, specialmente nelle regioni di pietra calcare.

Pioggia.

Ma la principale attività dell'atmosfera sta riposta nell'essere un veicolo per l'acqua. La quantità media di tutta la pioggia che cade sul mondo è valutata in modo vario, come, ad es., in qualche luogo tra quaranta e sessanta pollici (tra m. 1,00 ed 1,50). Il valore più basso ad ogni modo non è eccessivo. Una buona quantità di questa pioggia cade ad altitudini elevate, cosicchè il lavoro fatto nel ridiscendere al mare è grande. Se le acque che cadono sulla superficie della terra non avessero da far più giammai ritorno al mare, gli oceani sarebbero prosciugati per l'evaporazione in circa 15.000 anni. Un altro modo di stabilire il lavoro di evaporazione sta nel far l'estimo della forza necessaria per condensare e per diffondere l'umidità che cade come pioggia o come neve. Il lavoro fatto è stato computato come l'equivalente di

una forza di 300.000.000.000 di cavalli, continuamente all'opera. Come la pioggia cade essa prende dall'atmosfera della polvere, dei semi, delle spore e dei gaz. Ciascuna goccia di pioggia che cade dà un colpo: e l'effetto cumulativo di questi incommensurabili numeri di colpi, quando sono replicati per lunghi periodi di tempo, non è facilmente misurato. Quando inoltre l'acqua della pioggia contiene dei gaz acidi, l'effetto che essa produce è ingrandito — e sebbene questi effetti appartengano piuttosto al lavoro dell'acqua corrente che a quello dell'atmosfera, tuttavia l'atmosfera è l'origine indispensabile di quegli effetti.

Egli è allorquando la pioggia caduta si è accumulata in torrenti, laghi, acque sotterranee, od ha fatto ritorno al mare, che incomincia il suo principale lavoro. Da principio è stata un agente molto attivo nel modificare l'aspetto del suolo. Noi possiamo presumere che vi furono sempre delle terre, e che a nessun epoca nella storia del pianeta fosse il globo intieramente coperto dai suoi oceani. Nondimeno egli è probabile che la massima parte delle aree di terreno siano state, o ad un'epoca oppure ad un'altra, invase dal mare. A questa considerazione può esserne aggiunta un'altra — che molti mari furono una volta terreno asciutto. Il fondo dell'oceano non è uniformemente ad un livello; esso ha le sue montagne, le sue valli, i suoi dossi, altrettanto come le sue pianure ed i suoi altipiani di grigia melma; ma la sua caratteristica principale quando è paragonata col terreno è la sua pianezza. Quale sarebbe il carattere di una superficie che emergesse lentamente dal mare, non già per qualche sollevazione vulcanica, ma col vuotar via le acque? Essa sarebbe una superficie alquanto piatta. Essa sarebbe ricoperta di sedimenti in parte tali e quali possono essere stati corrosi dal terreno; oppure che, prima depositati dal vento come polvere, siano af-

fondati sotto le onde; oppure tal quali consistono di conchiglie polverizzate, e di scheletri di animali marini.

Sovra una tal area del fondo del mare innalzato, i venti e le pioggie si porrebbero immediatamente al lavoro. Essi vi incaverebbero delle gole in fondo alle quali scorrerebbero dei rivoletti per diventare poi delle correnti via via che le gole si sprofonderebbero in vallata; le creste e le colline sorgerebbero da un processo di essicamento della superficie piana; la corrente crescendo sino a divenir un fiume e portando con sè del fango e della sabbia, formerebbe nuovi pianori ad un livello più basso di quello da cui essa avrebbe avuto origine. Quando nelle età molto remote il fiume fosse divenuto un fiume antico e le forze che innalzarono la regione donde era nato, avessero cessato di operare, l'influenza del fiume può essere adoperata per far di nuovo oscillare all'indietro la scala, a cagione dei depositi, tratti dalle terre, che quello getta al suo sbocco nel mare.

Acque correnti.

Si è soliti a citare i sedimenti portati giù dai grandi fiumi, come il Rio delle Amazzoni, il Mississipi, il Nilo, l'Irrawaddy, e depositati da essi nei delta dove essi si scaricano nel mare, come esempi del lavoro fatto da fiumi: e le statistiche ne sono certamente impressionanti. Per esempio, lo scarico del Mississipì è di pressochè venti bilioni di piedi cubici di acqua in un anno, ed esso porta con sè 406.250.000 tonnellate di depositi solidi. Se tutti questi depositi solidi fossero lasciati entro la City di Londra, là entro ogni cosa rimarrebbe sepolta di un qualche duecento piedi al disotto della superficie del sedimento. La croce di S. Paolo non sarebbe già più visibile dopo un depo-

sitarsi che durasse quattordici mesi (1). I fiumi variano di molto naturalmente nella quantità di sedimento che essi depositano e circa al metodo del depositare. Il Nilo, per esempio, che riceve lo scolo di un'area quasi uguale a quella che si versa nel Mississipì, non deposita alla sua bocca neppure una settima parte del peso dei sedimenti di questo. L'Irrawaddy, che è molto prossimo allo stesso grado di fangosità del Mississipì, ma prosciuga soltanto circa un decimo di quello, per miglia quadrate di estensione, deposita alla sua bocca un ammontare di sedimento quasi altrettanto considerevole. Se sono presi in considerazione nove fiumi tipici, il Potomac, il Mississipì, il Rio Grande, l'Uruguay, il Rodano, il Po, il Danubio, il Nilo, l'Irrawaddy, si trova che essi portano giù annualmente dai terreni che essi prosciugano uno strato di circa 0,00614 di pollice di spessore (cioè mm. 0,156). In altri termini un fiume tipico abbasserebbe il livello del suo intero bacino di circa sei pollici (cm. 15) entro un migliaio d'anni. È stato calcolato che l'America del Nord va abbassandosi, o degradando, in ragione di un piede (30 cm.) in 3500 anni. Se questa proporzione avesse da continuare, allora in circa 7.000.000 di anni l'intiero continente sarebbe ridotto al livello del mare. Ma questo rapporto di degradazione non continuerebbe sino alla fine, perchè, diventando più basso il continente, le correnti diverrebbero più tarde, e l'erosione meno rapida. Molto tempo prima che il continente fosse consumato sino ad essere piatto, la ragione di abbassamento diventerebbe così lenta che il tempo necessario per portare il continente a livello del mare sarebbe quasi incommensura-

(1) La *City* di Londra ha una superficie approssimativa di circa 306 Km. q.; la croce di S. Paolo a Londra è alta circa m. 123,14 al disopra del suolo. (*Nota del Traduttore*).

bilmente prolungato. Inoltre egli è possibile, come di già è stato veduto, che il terreno possa essere soggetto ad innalzamento, e se la ragione di innalzamento fosse uguale alla degradazione l'altezza media del continente non ne sarebbe punto influenzata.

Sir Archibald Geikie, nel citar esempi di qualcuno dei risultati che sorgono da un computo aritmetico della rimozione della superficie delle terre per mezzo dei fiumi (1) — tali come per es., quella dell'intiera Europa, se essa fosse abbassata nella stessa ragione che lo è la pianura del Piemonte dal Po, essa sarebbe ridotta a livello del mare in un mezzo milione di anni — osserva che, sebbene questi risultati non siano strettamente precisi, essi non sono peraltro delle semplici congetture. Considerati con attenzione, essi suggeriscono dei dubbi circa ai lunghissimi periodi di tempo che sono richiesti dai geologi per il compimento di molte variazioni geologiche. La stessa autorità fornisce un altro metodo di calcolo. Ponendo per fermo che la media della pioggia che cade in un anno sovra le isole Britanniche sia di 36 pollici (91 cm.), e che il suo volume totale sia di circa 68 miglia cubiche (Km. cubi 272,272) di acqua, egli presume che un quarto di essa sia ricondotto al mare dai corsi d'acqua. Se la fangosità ha da essere stimata ad $\frac{1}{5000}$ del volume dell'acqua, noi giungiamo alla conclusione che un piede (30 cm.) delle Isole Britanniche è spianato via entro ogni periodo di 8800 anni. L'altezza media delle isole essendo stimata di circa 650 piedi (circa m. 200), essi potrebbero esser spianati in circa milioni cinque e tre quarti di anni. La perdita non è uguale da tutte le parti delle terre. La ripartizione della perdita deve sempre essere preponderante dalla parte delle superfici inclinate. Nel caso di una regione in cui nove

(1) « Text Book of Geology » (4ª ediz. 1904). Vol. I, pag. 483-4.

decimi consistono di terreno relativamente in piano, ed un decimo di erte pendici, un piede di superficie perduto in 6000 anni da tutto il paese è molto diversamente suddiviso. Esso ammonta solo ad una perdita di circa 7 pollici dalle pianure, ma di circa 5 piedi dalle vallate nello stesso spazio di tempo (rispettivamente cm. 18 e m. 1,50). Per tal modo dalle terre in piano non sarà rimosso neppure un piede (30 cm.) in 10.000 anni; ma nelle vallate sarà consumato un piede in 1200 anni, ed una valle di pressochè mille piedi (300 m.) di profondità, potrà essere scavata in un milione di anni.

Lavoro del mare.

Il mare è pur esso un agente di riduzione delle terre; ma gli effetti spettacolosi che esso produce, specialmente sulle parti più tenere di una linea costiera tale come la costa Est dell'Inghilterra, oppure la costa Sud dell'Isola di Wight, hanno procurato alla sua potenza un estimo più elevato di quanto essa meriti; e questa potenza di erosione è piccola in realtà se vien paragonata con quella della pioggia o dell'acqua corrente. Se la ragione di erosione del mare vien stimata del valore relativamente alto di dieci piedi per secolo (il che è una media elevata, sebbene su talune coste essa sia naturalmente superata con facilità, come in altre essa non vi si approssimi neppure), tuttavia si richiederebbero più di 50.000 anni per asportare un miglio solo da una costiera. In 5.000.000 di anni, il mare facendosi strada per tal maniera nella costa occidentale d'Europa avrebbe inabissato soltanto una striscia di 100 miglia. Ma tutta l'Europa sarebbe sparita in quel frattempo, ove la sua superficie si fosse abbassata di un piede ogni 6000 anni, per causa della pioggia e delle acque correnti.

Acque sotterranee.

L'evidenza del lavoro compiuto dalla caduta della pioggia, fornita dall'acqua scorrente sulla superficie non è l'unica. Una gran quantità di pioggia sparisce sotto la superficie, laddove essa continua a fare il lavoro di modificare il pianeta. La profondità alla quale quest'acqua sotterranea si sprofonda non è stata giammai soddisfacentemente determinata. Nessun pozzo ha sinora raggiunta una parte in cui apparisse del tutto verosimile che fosse colà raggiunta la profondità limite a cui l'acqua potesse sprofondarsi. Vi è una credenza popolare che l'acqua s'inabissa fintantochè essa non perviene ad una tale temperatura di roccie riscaldate che essa è convertita in vapore. Ma non è punto noto a quale profondità sotto la superficie l'acqua sarebbe convertita in vapore. Se, come pare vi sia poco dubbio, la temperatura dell'interno della Terra sale colla profondità crescente, in simil modo, senza dubbio alcuno, agisce la pressione. Tutti ben conoscono il fatto che sulla vetta del Monte Bianco l'acqua bolle ad una temperatura più bassa che non al livello del mare, poichè lassù la pressione atmosferica è minore. Molti sono pure edotti di uno dei processi mediante i quali Sir James Dewar raggiunse alcuni dei punti critici di ebollizione dei gaz liquidi, coll'eliminare la pressione dalle superficie loro mediante macchine pneumatiche. In senso opposto se la pressione sulla superficie di un liquido è accresciuta esso dovrà salire prima di giungere all'ebollizione, ad una temperatura più alta di quanto non gli occorresse per lo innanzi.

L'aumento di temperatura per la profondità varia di molto in parti diverse della superficie della Terra, potendo oscillare tra una ragione di un grado ogni 50 piedi (m. 15) nelle miniere francesi di carbone di

Rouchamp, a quella di un grado ogni 125 piedi (m. 37,50) nelle miniere di Calumet e di Hecla (S. U. N. A.). Ma prendendo un aumento medio di un grado ogni 70 piedi (m. 21) (1) la profondità alla quale un pozzo raggiungerebbe il punto di ebollizione dell'acqua, sarebbe di circa 11.000 piedi (m. 3300). Colà tuttavia la pressione non potrebbe in verun modo essere la stessa come sulla superficie della Terra. Essa sarebbe uguale a circa 333 atmosfere per ogni pollice quadrato (cm. q. 6,45). Ma, come noi abbiamo osservato, il grado a cui la temperatura deve essere elevata per far bollire l'acqua, aumenta colla pressione. Noi avevamo raggiunto una pressione di 333 atmosfere; ma realmente quando una pressione di 200 atmosfere avesse da essere sopportata dall'acqua, questa rifiuterebbesi di bollire. Egli è congetturato che l'acqua possa scendere abbasso fintantochè essa non raggiunga il punto in cui la sua temperatura critica (la temperatura a cui l'acqua esiste allo stato di gaz) sia oltrepassata. Questa temperatura, che è qualche cosa tra i 610° ed i 635° F. (cioè tra i 320° ed i 334° C.) potrebbe essere in qualche regione nella prossimità di 40000 piedi di profondità (m. 12000). Non ci è noto se in queste circostanze il ***gaz d'acqua*** sarebbe assorbito dalle roccie circostanti: sebbene alcuni teorici, e specialmente il Prof. T. J. See, abbiano presunto che questo ne sarebbe il caso. Ma ad ogni modo noi siamo liberi di presumere che l'acqua in grandissime quantità stia esercitando, ed abbia sempre esercitato un'influenza considerevole sulle roccie della crosta, per una profondità di parecchie miglia sotto la super-

(1) Supposto che il grado, di cui qui si tratta, sia 1° F., avremmo che la variazione media di 1° C. avrebbe luogo ogni 38 m. circa. (*Nota del Traduttore*).

ficie. La libertà dei suoi movimenti sarà notevolmente influenzata dalla porosità della roccia. A cagione della pressione questa cesserà quasi a profondità considerevoli; cosicchè il movimento dell'acqua sotterranea è estremamente debole nella parte inferiore delle roccie che portino dell'acqua.

Presso alla superficie l'acqua muovesi liberamente; e la sua libertà di movimento dipende evidentemente dalla porosità della roccia. Questa porosità diminuisce colla profondità e, naturalmente, essa differisce di molto secondo la natura della roccia: arenaria, schisto, granito, ecc. Se la porosità media di tutte le sei miglia (circa km. 10) di crosta in cui può supporsi sia trattenuta l'acqua, avesse da essere stabilita tra il 2 e $^1/_2$ ed il 5 per cento — vale a dire una porosità maggiore di quella del granito da costruzione, ma molto minore di quella dell'arenaria pure da costruzione — allora l'acqua là entro racchiusa formerebbe uno strato profondo tra gli 800 ed i 1600 piedi (tra i 240 e i 480 m.). Questo strato è stato considerato come una sfera acquosa, simile ad una buccia che avviluppi la sfera rocciosa del pianeta, ed è stata denominata l'idrosfera. I più antichi geologi hanno stimato il suo spessore ed il suo volume con cifre molto più alte.

Alcunchè dell'acqua, che così sprofonda nella crosta, ritorna su prontamente, assorbita dalle piante; raccolta da pozzi e da sorgenti; congiunta colle correnti sotterranee o con fiumi che in definitiva si congiungono poi col mare. Una piccola porzione dell'acqua che discende trova la sua strada in combinazioni colle roccie. Alcunchè di essa è restituita dai vulcani e dagli spiragli vulcanici — sebbene la presunzione che le acque oceaniche ottengano accesso all'interno riscaldato del globo e vi siano assorbite nei crogiuoli di roccia liquefatta non possa essere accettata senza

riserva. Ma Alfred Harker osserva (1) che mentre l'acqua è presente in tutte le roccie che sono state esaminate, ancora « se pure noi possiamo scrutare cotanto addietro nella storia del passato del nostro globo, non parrebbe che il mare sia la sorgente dell'acqua vulcanica, ma che la vulcanicità (nel largo senso di comunicazione diretta tra l'interno riscaldato e l'esterno del globo) sia la sorgente d'origine delle acque dell'oceano, e vada lentamente aggiungendone ad esse ». Ad ogni modo egli è probabile che alcunchè dell'acqua uscente dai vulcani e dagli spiragli vulcanici non sia giammai stata alla superficie per lo addietro. Egli è possibile che la provvista d'acqua dalle roccie più interne della crosta, dove i laboratori chimici sotterranei sono al lavoro, possa essere uguale, o persino anche maggiore dell'ammontare di acqua assorbita dalle roccie superiori.

Le acque sotterranee vanno effettuando continuamente delle operazioni chimiche e meccaniche. L'acqua pura discioglierà alcuni minerali. L'acqua che contiene l'acido carbonico estratto dall'atmosfera o dai prodotti dello struggimento della materia vegetale è molto più efficace per disciogliere dei minerali. L'acqua sotterranea può quindi essere considerata come capace di sottrarre qualche cosa da tutte le roccie colle quali essa viene a contatto, e di sottrarne una buona quantità da alcune di esse. O l'acqua fluente carica di minerale può lasciare alcunchè di quello in ricambio di altro minerale che essa estrae, mentre segue il suo corso progressivo; oppure altrimenti essa deposita nuovamente i suoi minerali senza riscuotere pedaggio di sorta.

Finalmente essa può, come noi abbiamo menzionato, entrare in combinazione con una roccia. Possono allora essere formati dei nuovi minerali, le genealogie

(1) « The Natural History of Igneous Rocks ».

dei quali possono essere così lunghe e così complesse da riuscire quasi incomprensibili, ma che sono i discendenti di antenati rocciosi differenti tra di loro tanto chimicamente, quanto fisicamente. Qui di nuovo le statistiche ci pongono in grado di apprezzare i grandi cambiamenti che possono sorgere da cause che sembrano di per loro stesse insignificanti. Il grado a cui le acque sotterranee sono cariche di minerali in soluzione può essere percepito dai depositi che quelle fanno. Persino le sorgenti balneari depositano in ciascun anno della materia minerale sufficiente da farne un Ago di Cleopatra (1); le sorgenti di Leuk in Svizzera depositano 2000 tonnellate di solfato di calcio all'anno.

Quando le soluzioni sono molto meno concentrate, come negli esempi dei fiumi che scorrono lungo la superficie, l'ammontare dei minerali disciolti asportati sale a grande quantità. Ciascun giorno il Tamigi porta via 1500 tonnellate di materia minerale in soluzione sino al mare; il Mississipì ne porta più di 100.000.000 di tonnellate in un anno. Molta di questa materia minerale disciolta è portata ai fiumi da correnti che sgorgano come fonti e che sono state acque sotterranee prima di nascere. I minerali sciolti nei fiumi pesano, in media, circa un terzo dei sedimenti non disciolti, che i fiumi trasportano; e da essi il mare riceve ciascun anno pressochè 5.000.000.000 di tonnellate di materia minerale sotto questa forma. Un'altra via per giungere alle stesse conclusioni si è che, indipendentemente dai sedimenti, l'azione dissolvente delle acque della superficie abbasserebbe le superfici delle terre di circa un piede (30 cm.) in 13.000 anni, ove non vi fosse un'azione compensatrice.

Bischop, citato da Geikie (2), osserva che l'acido

(1) Obelisco egiziano trasportato dagli Inglesi a Londra e così denominato. (*Nota del Traduttore*).

(2) « Text Book of Geology », Vol. I, pag. 488 (ediz. 4ª, 1904)

carbonico, il bicarbonato di calce, ed i carbonati alcalini compiono la massima parte delle scomposizioni e dei cambiamenti nel regno minerale. Egli è evidente che le acque sotterranee cariche di questi costituenti fanno una grandissima quantità di lavoro, tanto di un genere distruttivo, quanto di un genere costruttivo. L'arenaria può esser resa maggiormente porosa. Le roccie, rimossi i loro cementi, possono cadere in bricciole, ed essicarsi o disintegrarsi; esse possono fendersi in due per eccesso di umidità. Il calcare, che si presta particolarmente molto bene a questo trattamento, può essere scavato e formar così delle caverne. Le grotte del Derbyshire, quelle delle Ardenne, e del Kentucky sopra una più vasta scala, sono il più delle volte citate come esempi di questa forma d'operazione. Persino nello svuotare queste escavazioni l'acqua carica di minerale, depositandosi come stalattiti o stalagmiti, dà l'evidenza dell'aspetto inverso della sua capacità.

L'affondamento della terra può localmente avvenire come una conseguenza di questi scavi sotterranei, ed il più grande numero di frane sono pure soggette all'azione di acqua sotterranea. L'acqua intieramente sotterranea è l'agente geologico della massima importanza, il quale continuamente aggiunge i suoi costituenti alle roccie oppure li sottrae dalle roccie che esso lava. Essa è di un'importanza biologica tanto quanto geologica, perchè molto del materiale disciolto, che essa porta alla superficie è portato al mare, e, dopo di essere stato ivi depositato, è usato dagli organismi marini per formarne i rispettivi gusci. Senza la materia minerale portata al mare da fonti e da fiumi, molti degli organismi che portano guscio non sarebbero mai venuti fuori.

CAPITOLO XII.

Fattori di struttura.

Deposizione delle roccie stratificate. - Depositi nei bassi fondi e nei mari profondi. - Il fondo del mare. - Processi di formazione degli strati. - Roccie ignee. - Roccie serbatoi. - Classificazione e successione delle roccie. - Roccie derivate.

Sarà evidente, lasciando in disparte ogni considerazione contemplata nel capitolo precedente, che tutti i fattori di disintegrazione e di erosione vadano fornendo del materiale per ricostruzione.

La melma asportata dal terreno, per mezzo dell'acqua corrente, aspetta soltanto una pausa od una alterazione nel moto dell'acqua per posarsi ovunque; il materiale portato via dalle roccie per via di soluzione, cerca nuove combinazioni; l'erosione prodotta dal vento o dal mare è soltanto un preliminare per la formazione di strati. Gli strati che sono puramente i rottami ridotti delle roccie o di altri strati, sono deposti nei laghi, od in qualunque luogo il movimento dei fiumi si rallenti abbastanza per lasciare andare a fondo le particelle solide. Gli strati sono similmente formati ovunque l'acqua corrente raggiunga il mare. Le linee costiere dei continenti differiscono moltissimo in località differenti. Lungo il gran dorso Americano, che corre quasi senza interruzione dall'Alaska al Capo Horn, la pendenza delle catene di montagne delle Ande e delle Cordigliere, può essere dimostrata continuare dopo che le terre si sprofondano nelle acque del

mare. Lungo la costa occidentale dell'Europa il pendio del continente è meno erto, e vi è una larga frangia di acque con fondi più bassi, che si estendono dalla costa sino al margine delle secche continentali, dove incomincia l'acqua profonda. Ma le condizioni lungo la costa Ovest d'Europa possono essere tenute come abbastanza tipiche per illustrare il metodo con cui gli strati son depositati. Dalla linea di costa al margine della scogliera continentale ad una profondità di circa 100 braccia (circa m. 183) vi è un fondo del mare, che consiste di ciottoli, di ghiaia e di sabbia, tutti materiali provenienti dalle terre per mezzo dei fiumi, oppure infranti ed asportati dalla costa dalle onde del mare. La sabbia ed il fango sono portati in sospensione dalle acque oppure sono rotolati sul letto del mare dall'azione delle maree e delle correnti. Essi sono depositati uniformemente, formando delle aree piatte del fondo del mare con leggere ondulazioni o canali poco profondi. Il limo più minuto è portato più lontano, prima che esso pure si adagi e sia depositato. Al di là del margine della secca continentale i depositi del fondo cominciano a diventare più fini e sempre più fini, finchè nell'acqua profonda vien raggiunta la regione dei fanghi azzurri e verdi (1). Questi materiali si estendono a grandi distanze e generalmente sono caratteristici del fondo del mare entro la linea di 1000 braccia (circa m. 1830). Ma entro la detta linea noi cominciamo a trovare dei depositi di un genere diverso. Come aumentano la profondità e la distanza dalle terre, vi è sempre meno materiale derivato dalle terre, ed aumenta la materia

(1) I colori di questi fanghi dipendono in parte dai cambiamenti subiti da essi dopochè furono depositati. Dei fanghi verdi sono il più spesso delle volte trovati lungo ripide coste dove la sedimentazione è lenta. Dei fanghi azzurri indicano scarsezza di ossidazione. Entrambi i fanghi somigliano degli schisti.

proveniente dalla ultimissima ***decomposizione*** di minerali e di roccie, ed accompagnata dalle reliquie di quegli organismi marini che appartengono direttamente alle coste. I depositi portati dalle terre sono ricchi di silice. Da una metà a due terzi del loro peso è costituito da quel minerale; mentre i depositi organici marini sono ricchi di calce. Il carbonato di calce occupa in questi ultimi il posto e le proporzioni della silice nei primi. I depositi organici marini consistono abbondantemente di resti distrutti e sminuzzati di scheletri di quelle piante ed animali che formano dei tegumenti o degli scheletri calcarei (1). Vi sono delle coralline, od alghe calcaree, coralli, echinodermi, tanto come asterie, ricci di mare, polizoi, le spicule di spugne calcaree, ed i gusci di molluschi o di crostacei.

Depositi di bassi fondi e di mari profondi.

Si nominano talvolta i depositi, dei quali dicevamo come depositi « Bentici », per distinguerli dai depositi terrosi o derivati da terra ferma, coi quali essi sono frammischiati. Questi depositi giacciono a grandi profondità, oltre a quelli altri, sull'imo fondo del letto dell'oceano, che è denominato pelagico (2). Oltre le 1000 braccia (m. 1830) la natura del fondo del mare è notevolmente differente da quanto essa è entro l'area continentale. Mentre i resti di animali viventi sul fondo del mare vi si incontrano realmente, essi peraltro non sono abbondanti e non costituiscono una proporzione notevole di questi depositi, ed il solo materiale che

---

(1) « Conditions of Life in the Sea », by James Johnstone (Camb. Univ. Press) 1908, pag. 33-34.

(2) Gli organismi i quali, come le erbe marine ed i zoofiti, vivono attaccati al fondo del mare, o come i molluschi o gli echinodermi, vivono colà più o meno permanentemente, formano il « Benthos ». Questo termine è stato coniato da Haeckel.

compone quelli che hanno un'origine terrestre, è tale come se fosse derivato dal materiale versato durante eruzioni vulcaniche. Della pietra pomice, di consimile origine, va al mare direttamente, oppure dopo trasporto per mezzo di fiumi (od ancora da vulcani marini), e si tuffa al fondo del mare dove subisce una decomposizione. Queste sostanze si rinvengono nei fanghi o limi che rivestono i fondi degli abissi oceanici, ma non vi si rinviene nè fango nè sabbia derivate dal trituramento delle terreferme. Noi vi troviamo invece un materiale che è quasi intieramente derivato dalle reliquie degli animali e delle piante che vivono in seno alle acque marine, in tutto lo spazio compreso tra la superficie ed il fondo.

Ad una distanza limitata dalle terre ferme ed ancora entro i limiti che determinano l'area dei depositi terrosi può essere trovato il ***limo Pteropode***, una sostanza che è caratterizzata dalla preponderanza di gusci di pteropodi, e gasteropodi pelagici, che vivono alla superficie del mare in grandi folle. La profondità del mare, alla quale si rinviene il limo pteropode, sta tra le 500 e le 1000 braccia (da 900 a 1800 m.).

Fuori di questi limiti vi è l'area del limo a ***globigerine***. Esso si estende sopra una superficie di mare profondo, più grande di quella di ogni altro deposito. Esso è formato degli scheletri calcarei delle foraminifere che abitano negli strati superiori del mare. Esso varia per profondità tra 1500 e 2500 braccia (m. 2700 e 4500).

Ma al di là di una profondità di 2500 braccia, ossia di circa tre miglia, il fondo dell'oceano muta di nuovo carattere. Vi sono pochi scheletri delle foraminifere fragili che vi si possano trovare perchè essi affondano così lentamente che sono stati quasi intieramente disciolti prima che il loro viaggio sia completo. Vi hanno luogo dei depositi silicei; e per tal modo noi perveniamo al limo a ***Radiolarie***. I radiolarii sono dei

protozoi che hanno uno scheletro siliceo, e che abitano in pressochè tutti gli strati del mare. Le loro parti molli si decompongono lentamente, ed i resti silicei si accumulano nei depositi del mare profondo.

L'altro e principale deposito del mare profondo è ***l'argilla rossa***, entro l'area della quale sono comprese persino le profondità più grandi di quelle che sono coperte dal limo a ***Radiolarie***. In qualche parte questo deposito è formato di creature viventi; ma esso appare essere principalmente di carattere inorganico. La sua origine può essere ascritta alla pomice ed a cenere vulcanica, che è stata proiettata da vulcani terrestri o sottomarini. Alle grandi profondità in cui esso si trova ogni materiale organico è scomparso dai depositi. Esso può essere stato disciolto dall'acqua del mare; ma più probabilmente esso è stato distrutto da bacteri marini e questi organismi minuti possono similmente disporre di una buona quantità di calce e di silice che cade perpetuamente attraverso all'acqua, ma di cui ve n'ha di meno sul fondo del mare di quanto l'abbondanza di scheletri di animali marini ci indurrebbe ad aspettarci.

« In addizione a queste sostanze (1) che abbracciano i depositi dei fondi oceanici ve ne sono naturalmente molte altre...... tali come il ben conosciuto ***limo a Diatomee*** dell'Antartico. Ad una profondità media di circa 2000 braccia (m. 3660) vi è un'ampia zona di limo molle e bianco che ricopre il fondo del mare tra il parallelo di 40° S. e che si estende sino al circolo Antartico e che circonda completamente l'emisfero Sud. Questa zona ha un'area di più di dieci milioni di miglia quadrate (Km. q. 20.588.coo). Il materiale di cui essa è composta è risultato quasi intieramente di scheletri silicei di diatomee che vivono in quantità

(1) « Life in the Sea », by J. Johnstone, pag. 37 e seg.

enormi alla superficie dei mari Antartici, e che morendo affondano, ed accumulano così gli scheletri loro. Quindi pure in tutti questi limi oceanici si trovano altre sostanze. Per tutti i bacini profondi degli oceani si rinvengono dei denti di pescicani e delle casse timpaniche di balene, ecc., le sole parti degli scheletri di questi animali che resistono all'azione dissolvente dell'acqua del mare alle grandi profondità, nelle quali sono trovate.... Sovra tutto il fondo del mare si rinvengono dei noduli particolari di manganese, che furono notati la prima volta e descritti durante il viaggio del *Challenger*. Finalmente è stato riconosciuto che nelle parti le più profonde del mare vi sono delle particelle nei limi, che risultano dalla combustione di meteoriti che sono entrati nell'atmosfera dal di fuori (1). Questi corpi sogliono incontrarsi naturalmente nei depositi di tutte le profondità, ma nella massima parte dei casi la presenza loro è mascherata dalla prepon-

(1) Murray e Irvine *(Proc. Roy. Soc. Edin. Vol. LXXXII)* danno la tavola seguente che mostra l'area stimata, le profondità medie, e la percentualità della calce in rapporto coi depositi dei mari profondi.

Deposito		Area in Miglia quadrate	Profondità media in braccia	Percentualità media di Calce
Depositi oceanici	Argilla rossa o limo degli abissi profondi	50,289,600	2727	6,70
	Limo a Radiolarie	2,790,400	2894	4,01
	» a Diatomee	10,420,600	1477	22,96
	» a Globigerine	47,752,500	1996	64,53
	» a Pteropodi	257,100	1118	79,26
Depositi terrosi	Sabbie coralline e fanghi.	3,219,800	710	86,41
	Altri depositi terrosi	27,899,300	1016	19,20

deranza di altre sostanze, ed è soltanto nei depositi dei profondissimi bacini, che sono formati con estrema lentezza, che essi possono essere facilmente riconosciuti ».

Il suolo del mare.

Possiamo qui dire una parola circa le condizioni generali del fondo del mare, condizioni che hanno spinto Mr. Rudyard Kipling alla di lui poetica descrizione « delle grandi pianure grigie di fango, dove serpeggiano le gomene sepolte da conchiglie » e dove nella silente oscurità le parole degli uomini trasmesse per i cavi « guizzano e volano e vincono le distanze ». La di lui descrizione per molti riguardi è scientificamente accurata. Ad una profondità media di un centinaio di braccia l'oscurità è quella di una notte nuvolosa senza luce lunare; al disotto di quella profondità l'oscurità è completa, sebbene i pesci del mare profondo ed altri animali possano avere qualche grado di percezione, di natura a noi sconosciuta, della radiazione atmosferica. « All'imo di un mare profondo », osserva J. Johnstone, « si hanno condizioni uniformi ». Il fondo è una pianura piatta con poche disuguaglianze, poichè quelle indicate dalle macchine per sondare sono leggere in paragone con quelle che noi abbiano sulla terra scoperta, e sebbene dei declivi precipitosi debbono pur trovarsi, essi sono molto eccezionali. Il fondo del mare è composto di limi molli, semi-liquidi, nel quale gli oggetti devono affondare con facilità. Vi si mantiene una temperatura uniforme, che è quella del punto di congelazione dell'acqua dolce, o di un grado o due sopra di quella. Un'oscurità profonda od assoluta, rotta solamente dalla luce di qualche creatura fosforescente, vi regna costantemente. Giammai non vi succedono cambiamenti o alternazioni di giorni e notti

o di stagioni, e vi perdura un'uniformità quasi assoluta di condizioni. Aggiungasi ancora a questo la pressione enorme dell'acqua ***sovrastante***; che è di circa quindici libbre per ogni cinque braccia di profondità, e noi abbiamo le condizioni in cui egli è quasi incredibile che la vita, quale noi la conosciamo, possa esistere ». A questa descrizione noi possiamo aggiungere quella di Chamberlin e di Salisbury (1):

« Il letto dell'oceano, come la faccia delle terre, è influenzato da elevazioni e da depressioni, ed i suoi punti più profondi sono all'incirca altrettanto al disotto della sua superficie di quanto le più alte montagne sono al di sopra di essa. Vi sono delle aree del fondo del mare che, nel loro insieme, possono essere paragonate alle pianure delle terre ed altre che possono essere pareggiate ad altipiani, e le linee di gradazione tra quelle sono spesse volte altrettanto indistinte quanto esse lo sono sulla terra. Vi sono dei picchi di montagne, principalmente di origine vulcanica, e delle depressioni paragonabili ai grandi bacini sulla terra. Ma a parte queste caratteristiche generali vi è poco di comune tra la topografia del fondo del mare e quella delle terre. Mancano quasi intieramente dei sistemi di montagne, sebbene certe isole come Cuba ed alcune altre sue compagne possano essere considerate come le creste di sistemi che per la lor parte maggiore sono sommersi. Se le acque fossero tratte fuori dal letto dell'oceano per modo che esso potesse essere veduto come è visibile il paesaggio, la caratteristica che farebbe la più grande impressione sarebbe la sua monotonia. Le colline e le vallate a noi famigliari, le quali in tutte le loro multiformi manifestazioni danno l'aspetto così carat-

---

(1) « Geology », Vol. I, pag. 311-12.

teristico alla superficie della terra ferma, sono assenti... Nel mare i processi dominanti tendono ad un appiattimento monotono ».

Processi di formazione di strati.

Nelle remote monotone profondità del mare va compiendosi il lavoro di struttura del pianeta. Le argille, il limo a globigerine, il limo a diatomee, i depositi terrosi sono i primi passi nella vita di nuovi strati. I depositi del mare realmente profondo — tali come l'argilla rossa vulcanica — sembrano essere i soli a non trovare dei correlativi nella formazione di roccie delle terre scoperte. Degli altri depositi vanno mescolandosi con quelli. Murray ha stimato il volume del mare a pressochè 324.000.000 di miglia cubiche (1), ossia quindici volte il volume delle terre sporgenti al di sopra del livello del mare. In questo vasto volume di acqua vi sono delle accumulazioni di materie minerali e dei gaz, i quali sono, in quell'aggregato, di una entità immensa. Ogni 1000 parti di acqua del mare contiene più di quattordici parti in peso di materie minerali. Il cloruro di sodio è di gran lunga il primo, ed in ciascun miglio cubico di acqua del mare ve ne sono più di 117.000.000 tonnellate (2). Una conseguenza aritmetica più appariscente dello stimare l'ammontare di materia minerale tenuta in soluzione dal mare, è quello che dimostra che se la materia minerale potesse venir convertita tutta in materia solida, essa coprirebbe il fondo dell'oceano per un'altezza di 175 piedi (m. 53 circa), oppure tutte le terreferme del mondo con uno strato di circa 450 piedi di altezza (m. 135). D'altra parte se essa fosse concentrata tutta nelle acque dei bassi fondi attorno i margini delle

(1) Cioè circa Km. cub. 1,300,000.000.

(2) Cioè circa 30 milioni di tonnellate per ogni chilometro cubico.

terre, essa si estenderebbe a tutte le regioni dell'oceano che fossero meno di tre quarti di miglia di profondità, ed aggiungerebbe qualche 20.000.000 miglia quadrate (circa 52 milioni di Km. q.) alla superficie delle terre del globo, ossia all'incirca un terzo in più della loro area presente.

Quali siano le materie greggie per la fabbricazione degli strati può forse essere inteso dai paragrafi precedenti. I processi seguenti s'impongono alla considerazione nostra. Il remoto ed immobile fondo del mare è immobile soltanto per l'osservazione superficiale. Esso è in realtà soggetto ad influenze che agiscono sulle terre, sebbene in un grado diverso. I movimenti della crosta della Terra hanno azione su quello; esso è perturbato dal vulcanismo; esso soffre il contrario dell'erosione delle terre. Sulla terra le colline e le parti le più elevate della superficie vanno di continuo degradandosi a livelli più bassi. Nel mare invece vi è una continua e quasi universale addizione ai suoi contorni; e la degradazione è virtualmente confinata all'acque dei bassi fondi, ossia a quelle che potrebbero esser denominate le *alte terre* (highlands) del mare.

I processi chimici delle acque del mare sono di due generi. Se l'acqua diventa ognora sopra-satura di un minerale, allora il minerale è precipitato, e si accumula come sedimento al fondo del mare. D'altro lato, l'azione dissolvente dell'acqua marina (come quando il fondo è di una roccia relativamente solubile, come il carbonato di calce) può spianare e digradare il fondo del mare. Quanto avviene pei sedimenti del mare, avviene pure, sebbene in grado diverso, coi sedimenti depositati nei laghi. Persino il calcare del mare ha il suo corrispettivo in alcuni laghi, portato colà dalle conchiglie di animali di acqua dolce, o dalle secrezioni calcaree di alcune piante, o deposto dall'acqua che rifornisce il lago. Pochi laghi sono salati

oppure « amari ». I laghi salati contengono del cloruro di sodio, ed abitualmente del cloruro e dei solfati di di magnesio. I laghi « amari » contengono una buona provvista di carbonato di sodio; ed i costituenti e la proporzione dei sali differiscono moltissimo tra di loro. Per esempio, il Mar Caspio, il quale come il Mar Nero, era una volta probabilmente una parte dell'oceano, contiene in media, maggior quantità di sale che gli altri mari. Il Gran Lago Salato ed il Mar Morto, che ebbero una volta degli animali antenati di acqua dolce, non ne contengono più affatto, ed il Lago Van, nel Turkestan Orientale, che è il corpo il più denso di acqua conosciuto, contiene circa il 33 °/₀ di sale. I minerali nei laghi sono abitualmente precipitati come sedimenti secondo la loro insolubilità. Così il gesso è meno solubile che il sale; pertanto negli antichi letti di laghi noi troviamo strati di gesso al disotto del sale.

Il complesso di questi fatti è di per sè stesso sufficiente per indicare il modo col quale gli strati sedimentari di un pianeta vengono depositati. Ma il modo di formazione è un simbolo in un senso alquanto più largo del modo di formazione di tutte le roccie; perchè tutte le roccie discendono da altre roccie. Alla radice dell'albero genealogico vi stanno le roccie ignee, ossia le roccie che presumibilmente furono in origine del materiale liquefatto. Per questo materiale è stata coniata l'appellazione di « magma fuso »; e se noi accettiamo la teoria che il pianeta fosse una volta una massa di liquido turbinante e liquefatto, ossia la teoria, alla quale è dato maggior risalto in questo volume, che esso rappresenti un assembramento di frammenti planetismari, noi dobbiamo ancora ammettere un periodo durante il quale la più grande parte della massa solida fosse fusa insieme da ardentissimo calore.

Roccie ignee.

Ad alcuni stadi nella storia del pianeta — e forse ciò fu soltanto possibile a certi stadi di sviluppo del pianeta — il liquido delle roccie fluì da quei serbatoi di materia liquefatta sovra alcune parti della superficie del pianeta (1). Ma una parte, di gran lunga la più grande, della crosta del pianeta consiste non già di materiale roccioso che ha fluito su di essa, ma di materiale roccioso che è stato spinto attraverso le altre roccie, ossia che è stato « intruso » tra di esse. Persino le imponenti scolature vulcaniche di roccie che ricoprono delle porzioni della superficie della terra sono state accompagnate da « intrusioni » ben anche più voluminose nel disotto della crosta, e non peranco rivelate dal logoramento prodotto dall'erosione. « Nell'India antica, delle roccie « intruse », di spessori non ben conosciuti, occupano un'area maggiore di quella occupata dallo strato di lava del Deccan. I vasti tratti di roccie granitoidi e di gneiss nella Scandinavia, nel Canadà, nel Brasile ed in altre contrade devono grandemente pesare di più che le note roccie vulcaniche di tutte le epoche, e ciascuno di tali tratti è soltanto parte di una massa più grande nascosta » (2).

Un vulcano isolato può essere alimentato dal suo proprio serbatoio di « magma roccioso »; e quando in una regione vulcanica considerevole le lave cacciate fuori sono simili per carattere, egli è probabile che al disotto del tratto vulcanico vi sia una sequela di bacini, i quali alimentano i serbatoi minori. I piccoli

(1) Come per esempio nel Deccan dell'India dove le roccie liquefatte estruse coprono un'area di 200,000 miglia quadrate con uno spessore, stimato variabile tra i 200 ed i 6000 piedi. (Ossia Km. q. 5,200,000 di superficie coperta da uno strato variabile tra i 60 ed i 1800 m. di spessore).

(2) « Natural History of Igneous Rocks » (Harker).

serbatoi locali dei vulcani isolati non possono star molto lontano sotto la superficie; ma il caso è differente con i serbatoi grandi o permanenti intercrostali, che sono stati supposti. Harker osserva, circa questi profondi serbatoi, che « noi dobbiamo ricercare la causa immediata dell'azione ignea, non già nella generazione del calore, ma ***nella diminuzione di pressione***, in certe parti situate profondamente nella crosta, dove la roccia solida e quella liquefatta stanno approssimativamente in equilibrio termico..... ». (In tale mistura una ***diminuzione di pressione***, come la rimozione della pressione dalla superficie di un liquido che bolle o di un liquido al suo punto di ebollizione, produrrebbe un cambiamento di relazioni analogo a quello di alterare la temperatura). Un simile bacino di magma, o serbatoio generatore, è efficace come una fonte che fornisce il minerale per processi estrusivi o processi intrusivi: esso può diventare, in stadi particolari, congelato solidamente e quindi essere di nuovo liquefatto; esso può essere diviso, come scema l'attività, in serbatoi minori. Non è possibile il dire con certezza a quali profondità esistano questi serbatoi di magma: ma si è congetturato che una profondità probabile sia quella di trenta o quaranta miglia (da 50 a 65 Km.). Le roccie ignee sono, o furono, preparate in tali crogiuoli naturali.

Serbatoi di roccie.

Tutti gli elementi conosciuti del pianeta possono essere ritrovati nelle roccie ignee; sebbene otto soltanto fra di essi: ossigeno, silicio, alluminio, ferro, calcio, magnesio, sodio e potassio siano i costituenti principali. Questi elementi formano svariate combinazioni chimiche, e da queste ne provengono varii minerali; dai minerali sono derivate le roccie. L'unione dell'ossigeno cogli altri sette elementi è la chiave prin-

cipale d'ogni combinazione; ed il risultato di queste unioni è la seguente serie di ossidi: silice, allumina, tre ossidi di ferro, magnesia, ossido di calcio o calce, soda e potassa. Noi possiamo astenerci dal considerare qui le varie sorgenti di complessità nella combinazione e notare solo passando che il numero dei minerali di silice nelle roccie ignee è grande; e che pochi minerali bastano per costituire la grande massa di roccie ignee. Questi pochi sono: il quarzo, i feldspati, i minerali ferro-magnesiaci (gruppo pirossenico amfibolico), e gli ossidi di ferro. I feldspati ed il gruppo ferro-magnesiaco sono i principali silicati della crosta della terra.

Un serbatoio di roccia liquefatta non è già simile ad un pajuolo di metallo liquefatto. L'oro è sempre oro; ed il piombo è sempre piombo, siano essi liquidi o solidi; e se la pressione, a cui sono sottoposti, rimane la stessa essi fonderanno, oppure, se in fusione diverranno solidi, sempre ad una medesima temperatura. Ma una roccia fusa non è un elemento semplice, liquido; essa è una miscela di differenti liquidi chimici, ed essa si comporta in modi differenti in circostanze diverse. Se essa ed i suoi costituenti rocciosi si solidificassero sempre quando la temperatura è abbassata al disotto di un certo punto, allora potrebbesi pervenire facilmente alla genealogia delle roccie. Per tal modo se un granito liquefatto composto di quarzo fuso, di feldspato liquefatto, e mica fuso fossero lasciati raffreddare, allora dacchè il quarzo abbisogna per fondersi di maggior calore dagli altri, noi dovremmo aspettarci che (per analogia coi metalli) esso fosse il primo a solidificarsi. Avviene il contrario; il quarzo è l'ultimo. Questo è perchè una roccia fusa non è un liquido elementare, ma una soluzione chimica, o piuttosto una miscela di soluzioni chimiche, ciascuna delle quali reagisce sull'altra e ciascuna delle quali, se noi possiamo usare un paradosso, contiene l'altra.

Uno o due esempi del curioso modo di comportarsi di soluzioni sono familiari a chi non conosce gran che di chimica. Per esempio lo zuccaro fonde molto più rapidamente nell'acqua calda o nel the caldo che nell'acqua fredda: ma esso entrerà meno prontamente in soluzione se del latte è aggiunto al the. Se noi ricercassimo di ricuperare lo zuccaro da queste soluzioni, allora la ragione di temperatura alla quale lo zucchero potrebbe essere ricuperato non sarebbe la stessa nei due casi a cagione delle reazioni chimiche del latte sullo zucchero. Un altro esempio: se si mescolano assieme neve, zucchero e sale, queste sostanze formeranno una soluzione ad una temperatura al disotto il punto di congelazione della neve, e di molto al disotto del punto di solidificazione dello zuccaro e del sale. Allora se la soluzione liquida è sottoposta ad una bassa temperatura, lo zucchero ed il sale non si solidificheranno (o cristallizzeranno) ai loro punti ordinari di congelazione o di solidificazione; ma aspetteranno fintantochè l'acqua sia diventata solida e li abbia lasciati addietro, e li abbia costretti, a dirla brevemente, ad assumere lo stato solido. Tuttavia se vi è una grande quantità di zucchero, di sale e poca acqua, lo zuccaro ed il sale diverranno solidi prima che l'acqua siasi rappresa in ghiaccio. Da questi esempi comuni, ai quali è consimile il comportarsi dei magma liquefatti delle roccie ignee, noi possiamo aspettarci di trovare che la solidificazione delle roccie, e la fusione delle roccie dipenda da molte circostanze variabili circa il genere dei costituenti, le loro quantità, e le loro relazioni chimiche, dell'uno coll'altro.

Un magma liquido, nel primo caso, è simile ad un vetro liquido, se noi facciamo la distinzione che il vetro è un silicato piuttosto semplice od una miscela di silicati, mentre il magma roccioso ne contiene mol-

tissimi. Se questo magma — come nel caso di un foglio di lava espulso — si raffredda molto rapidamente, esso raffreddandosi, diviene un vetro; se meno prontamente, allora parzialmente in vetro e parzialmente in cristalli; se lentamente — lentamente abbastanza — in tal caso solamente in cristalli. Vi sono delle roccie intermedie raffreddate in stadii tra questi anzidetti, e generalmente più lento è lo sviluppo e più sono grandi i cristalli. Una modificazione della forma della roccia avrà luogo quando le lave sono cacciate violentemente nell'aria dai vulcani; poichè in tali casi la roccia vetrosa è parzialmente polverizzata dall'esplosione; ed essa è piena di bollicine di gaz, cosicchè parte di prodotti vulcanici riesce polvere e parte pietra pomice.

Classificazione e discendenza delle roccie.

Fra i generi delle roccie ignee per tal modo classificate le ***ossidiane*** ci porgono esempi di una compatta roccia vetrosa. Delle varietà di roccie vetrose, nelle quali sono maggiormente visibili degli embrioni di cristalli sono le ***pietre picee***, che rassomigliano nell'aspetto a pece solida. Nella categoria dei vetri sonvi pure la ***perlite*** e la ***riolite***.

Quando il raffreddamento è stato un poco più lento e che dei cristalli distinti si sono formati e son rimasti sospesi nel magma, mentre il resto del liquido, influenzato dalla loro presenza si è solidificato come un vetro o come una massa di piccoli cristalli, il risultato è il ***porfido*** o la roccia ***porfirica***. Egli è il cristallo grosso che dà l'aspetto caratteristico alla roccia. Se il resto della massa consiste di piccoli cristalli quella è detta ***granulare***; se i cristalli sono

divenuti più grossi si avvicina alla seguente classe di roccie (1).

Nella classe seguente il magma è divenuto tutto cristalli. I *graniti* vengono sotto questa intestazione, sebbene sia stato proposto più recentemente di porli in una sezione della classe che precede appunto questa. Ma in generale i graniti possono essere definiti come aggregazioni di cristalli di quarzo, feldspato e mica. I magma donde essi vennero erano ricchi di

(1) Invece di vetroso, porfirico e granulare si usano i termini: vitreo, semi cristallino ed olo-cristallino. Geikie « Text-Book of Geology », 4a ediz. Vol. I, 1903, pag. 196. Geikie aggiunge: « I Sigg. Fongué e Michel Levy, facendo osservare che le roccie le più eruttive sono il risultato di stadi successivi di cristallizzazione, ciascuno dei quali riconoscibile dai suoi propri caratteri, mostrano che devono essere osservate in modo speciale due fasi di consolidazione; la prima (porfirica) segnata dalla formazione di grandi cristalli (fenocristalli) che sono molte volte rotti e corrosi dall'azione meccanica e chimica entro il magma non ancora solidificato; la seconda dalla formazione di cristalli più piccoli, cristalliti, che sono modellati intorno la serie più antica. In qualche roccia la prima di queste fasi è la sola presente, in altre roccie la seconda ». Sono stati proposti degli altri sistemi di classificazione, compreso quello del Prof. Rosenbusch, che ha proposto di raggruppare le roccie ignee in tre grandi sezioni; prima, le roccie situate profondamente, che si sono consolidate come masse plutoniche o intrusive molto al disotto della superficie; in secondo luogo le roccie dicchi, che possono esser state injettate come dicchi o vene a minor distanza dalla superficie, sebbene alcune parti di esse possano essere venute al di sopra del suolo nelle eruzioni vulcaniche; terza, le roccie effusive o vulcaniche che sono fuggite alla superficie, e si sono colà solidificate — esse posseggono una struttura porfiritica. Ciascuna di queste grandi divisioni viene poi ulteriormente suddivisa in famiglie secondo la composizione mineralogica, cominciando coi tipi acidi e terminando con quelli basici al massimo grado. Alcuni geologi Americani danno la designazione « olocristallina »; alla classe, che nel testo noi abbiamo chiamata « granulare »; e parlano delle roccie in cui il magma è divenuto intieramente cristallino, denominandole « faneriti ».

silice, allumina, potassa e soda: ed il quarzo comprende la più grande porzione di silice. Roccie affini al granito sono le ***Sieniti***, le quali hanno un po' più di ferro e meno di silice che il granito, le ***Dioriti*** che hanno meno sillce e maggior materiale terroso; le ***Peridotiti*** che sono ancor più povere in silice.

I Basalti comprendono delle roccie che appaiono essere pressochè omogenee a cagione della minutezza dei cristalli; e queste roccie trapassano gradatamente nelle ***Doleriti***, che sono dei basalti di cristallizzazione più grossolana. I ***Gabbri*** sono delle roccie grossolanamente cristallizzate, un grado più vicino a quelle or ora enumerate. Può dirsi di pressochè tutte queste classi che esse trapassano insensibilmente le une nelle altre (1).

La classificazione precedente non è affatto completa.

---

(1) *Sienite*. — Roccia consistente di una miscela olocristallina di feldspato alcalino (ornitoclasio) e roccia silicea compacta (orniblenda), alla quale possiamo aggiungere il quarzo, la biotite, la magnetite ecc. La proporzione in essa della silice è tra 50 e 60 %.

Diorite. — Comprende un gruppo di roccie le quali, possedendo una struttura granitica differiscono dai graniti nella loro percentualità di silice molto minore, e dalle sieniti nel contenere del plagioclasio (un feldspato principalmente costituito di soda e calce) invece di ortoclasio.

Peridotite. — Queste roccie stanno all'estremità delle serie delle roccie ignee basiche, come i graniti stanno all'estremità opposta della serie acida. Esse non contengono feldspato, e consistono di olivina con orniblenda, mica, ferro magnetico. Questa proporzione di silice è più vicina al 40 che al 50 %.

Basalti. — Un gruppo di roccie nere estremamente compatte, apparentemente omogenee, nelle quali i minerali componenti hanno da essere osservati solamente col microscopio. I minerali sono plagioclasio, olivina, magnetite ecc.

Doleriti. — Le doleriti sono abitualmente delle roccie olocristalline che racchiudono molte di quelle che eran denominate una volta pietre verdi.

Gabbro. — Consiste di plagio-clasio (labradorite) con olivina e con ferro magnetico.

Essa mira puramente al far notare i caratteri generali delle roccie primarie. Da esse altre roccie sono derivate; e si parla di queste come di roccie secondarie, sebbene sia affatto evidente che le roccie primitive possano essere esse medesime derivate. Può altresì essere dimostrato che, mentre vi sono dei processi, i quali mediante il fendersi o mediante scomposizione chimica producono da una roccia altre roccie, che sono discendenti dalla prima, così inversamente vi sono delle ricombinazioni, fisiche e chimiche, che fabbricano delle roccie.

Roccie derivate.

Le più semplici tra le roccie derivate o secondarie sono quelle che son puramente dei prodotti di disintegrazione — la sabbia consiste essenzialmente di granellini di quarzo. Quando la roccia superficiale è chimicamente spaccata e che son lasciate le parti silicee ed argillose, la calce, la soda ecc. sono portate via verso il mare. Gli schisti, arenarie e conglomerati stanno alla quarta serie di queste roccie derivate. Il calcare, che è passato per lo stadio di essere uno scheletro od un guscio di animale, ma che è stato prima trasportato via dalle roccie per mezzo dell'acqua, è un'altra forma di roccia derivata; tali sono le roccie ***dolomitiche*** in cui il magma è mescolato colla calce depositata.

Il *gesso*, *l'ematite* (ed altri composti di ferro) ed i depositi ***silicei***, selci ed altre pietre silicee meno pure, sono tutti esempi di roccie derivate.

Le acque sotterranee portando sempre dei minerali in soluzione, ed agendo spesso in circostanze di gran calore e pressione, alterano la costituzione chimica delle roccie della crosta; e le roccie possiedono in loro stesse per virtù della loro costituzione chimica le potenzialità di alterazione, distruzione e ricostituzione. Appunto

come irruginisce il ferro, oppure come le superfici della pietra nelle città fumose si distruggono od acquistano delle superfici nuove, — così l'ossidazione e la carburazione, od i processi inversi di quelli, procedono sulla crosta della Terra. Appunto eziandio come gli ossidi di mercurio hanno forme diverse, secondo il calore a cui furono sottoposti, o come lo stagno assume differenti forme, così le molecole di alcuni dei costituenti delle roccie si riassestano da loro stesse, oppure gli elementi entrano in nuove parentele chimiche. In questi ultimi anni i fenomeni della radio-attività sono divenuti famigliari ad ognuno, e, persino senza le cause contribuenti di calore e di pressione, le roccie e persino gli elementi possono cambiare la costituzione loro altrettanto come i loro costituenti.

Se l'azione di disintegrazione non è contrariata da un processo di ricostituzione altrettanto uguale quanto opposto al primo, le roccie che sono suddivise vanno sempre formando delle nuove combinazioni. I fanghi e le sabbie sono induriti dalla pressione e collegati insieme da cementi naturali; e per tal modo ne provengono arenarie, schisti, calcari, breccie, tufi-vulcanici, e conglomerati. Delle pellicole di cemento siliceo possono essere depositate attorno ai grani dei frammenti di roccie, e vien così formata la quarzite oppure la oolite (1) — oppure il cemento siliceo può riempire cavità e formare delle agate — e cristalli. Le

---

(1) « *Oolite*. — Un calcare formato intieramente, od in parte, di grani sferici aventi l'aspetto di ova di pesce. Ciascun grano consiste di gusci concentrici successivi di carbonato di calce..... Il materiale calcareo è stato depositato attorno a qualche minuta particella di sabbia o di altro corpo estraneo che è stato conservato in movimento, tanto da potere essere rivestito di crosta, col tempo, da tutti i lati suoi. È ora noto che delle alghe minute hanno una parte rilevante in alcuni di tali depositi ». — (Geikie « Text Book, » op. citata, Vol. I, pag. 191).

roccie formate ed i minerali depositati nei modi precedenti sono state ricostrutte sotto condizioni normali di calore e di pressione. Ma delle condizioni anormali di gran pressione o di gran calore, oppure le due combinate insieme, possono alterare profondamente il carattere e l'aspetto delle roccie. Una struttura di lavagna è un risultato della pressione; le roccie «schisti», trammezzo alle quali sono comunemente abbracciate, attortigliate o contorte delle roccie cristalline, provengono da grandissima pressione.

Un calore tale come esso potrebbe essere trasmesso da un'intrusione di lava, o di roccia liquefatta farà cuocere le roccie sulle quali esso opera. Il calcare sarà per tal modo convertito in marmo; un'arenaria quarzosa diventa della quarzite; ed i mica schisti e gli gneiss occupano il posto delle roccie di pressione. Quando combinano assieme calore e pressione, alcune delle roccie cristalline sono distrutte, mentre le roccie clastiche (1) sono rese maggiormente cristalline. Ma la tendenza dell'effetto, in entrambi i casi, si è di rendere il prodotto della roccia più schistoso, e più contorto nella sua struttura interna.

(1) Roccie clastiche, ossia formate di frammenti o detriti di roccie. (*Nota del Traduttore*).

CAPITOLO XIII.

Movimenti della Terra.

Movimenti della crosta. - Movimenti spasmodici dei terremoti. - Movimenti continuati lenti. - Contrazione. - Pressioni tangenziali. - Aree di terremoti. - Sollevamenti esplosivi. - Eruzioni vulcaniche e lave. - Sconnessione tra il vulcanismo ed i terremoti. - Fondazioni di montagne. - Fabbricazione di montagne e radio-attività.

Quando si ricordino le circostanze che accompagnano la deposizione degli strati saranno evidenti due caratteristiche di quelli. La prima si è che i sedimenti saranno stati depositati in piani pressochè orizzontali; la seconda è che ogni strato depositato di sedimento deve gradatamente assottigliarsi via via che esso si allontana dalla fonte dei suoi materiali. I sedimenti sono stati derivati dalla distruzione di una superficie di terre; essi sono quindi necessariamente del massimo spessore nella massa, come sono pure i più grossolani per tessitura, quanto più sono prossimi al loro punto di rifornimento e diventano più sottili e di grano più fine com'essi ne sono depositati più lontano. Attualmente i depositi sui fondi dei laghi, sugli estuari dei fiumi, e sui fondi del mare dimostrano coll'evidenza l'inalterabilità di questa legge di sedimentazione.

Ma, com'è appena necessario il dire, l'osservazione pratica ricorda esempi innumerevoli di strati che sono ben lungi dall'essere orizzontali. Alcuni agenti sono stati all'opera coll'alterare l'inclinazione loro contraendoli, contorcendoli, interrompendo la continuità loro, deviandoli, sollevando una porzione di essi al di sopra di una

altra o rovesciando persino le due porzioni di un letto sedimentario di roccia, come si potrebbe fare chiudendo un libro aperto. Questi fatti evidenti del movimento della crosta, comuni come essi sono tra le roccie sedimentarie, sono più comuni nelle roccie ignee, ed i più comunissimi nelle più antichissime roccie conosciute. Nelle roccie Archeane una condizione contorta appare essere pressochè universale.

Nel precedente capitolo sono state prese in esame le cause relativamente minute, le quali, per l'aggregazione loro tanto per il tempo quanto per estensione, modificano profondamente il carattere e l'aspetto delle roccie. Ma per le distorsioni, ripiegamenti, ed alterazioni negli strati, viene abitualmente ricercata qualche altra causa, ed essa è attribuita dalla maggioranza dei geologi ai movimenti della crosta della Terra. È supposto che le cause, le quali hanno fatto contrarre gli strati, siano le medesime che hanno sollevate le montagne; e che entrambe siano dovute ai movimenti della crosta della Terra. Di questi movimenti distinguiamo due sorta: quelli che sono percettibili, spasmodicamente od intermittentemente; e quelli che devono essere arguiti. Egli è possibile che essi siano uniti; e che essi nascano da una stessa causa.

Movimenti di terremoti.

I movimenti intermittenti o spasmodici sono i terremoti, grandi o piccoli. I movimenti arguiti sono quelli che noi dobbiamo aspettarci che siano il risultato del trasferimento cumulativo di fanghi e di sabbie dalla regione delle terre alla regione del mare. È possibile che i trasferimenti di peso possano intermittentemente alterare l'equilibrio dei piattelli della bilancia della Terra, e cagionare i movimenti di questa. Sembra più probabile che qualche altra causa vada operando indipendentemente per sollevare la piattaforma delle

terre o per deprimere il bacino del mare. « È stato frequentemente osservato che delle regioni di grande denudazione degli strati (1), le quali regioni sono invariabilmente eccelse e montuose, mantengono le loro altitudini mediante un innalzamento positivo all'incirca altrettanto rapido, quanto lo è l'abbassamento che essi subiscono per terreno strappato loro ed asportato dalla denudazione. Noi abbiam pure il fatto che le regioni dove sono stati depositati dei grandi sedimenti, hanno continuato come aree di bassi fondi d'acqua mentre il processo ha proceduto innanzi, e si sono affondate con altrettanta velocità, con quanta ne venivano ammucchiati sovra di esse i sedimenti. Il sistema Paleozoico della regione Appalachian (America del Nord) dello spessore di 30.000 piedi (m. 9000), fu depositato tutto in *bassi fondi*; poichè ciascun strato porta dei fossili da bassi fondi. Il sistema Mesozoico del Colorado e del Plateaus dello spessore di 11000 piedi (m. 3300), fu pure depositato in acque poco profonde. Il giro della costa nella California e nell'Oregon fu pure un'accumulazione di basso fondo... D'altra parte, le catene di montagne che fornirono questi sedimenti occidentali stanno tutt'ora su, e non è probabile che esse mai siano state alcunchè più alte di quanto esse sono oggidì. Ancora la loro massa attuale è solo una piccola frazione della massa delle loro proprie rovine che le circonda ». Il Maggiore Dutton qui suppone qualche causa che continua a sollevare le catene di montagne. La stessa idea fu considerata in un modo diverso da Sir Arcibaldo Geikie nel di lui discorso alla British Association in Douvres (1899), nel parlare delle perturbazioni che attraversano le catene di montagne « e che trovano la loro violenta espressione nelle scosse di terremoto. Sono

(1) « Earthquakes » da C. E. Dutton, pag. 31 (Murray).

forse tali perturbazioni dovute ad una continuazione della stessa operazione che dapprima diede origine alle montagne? Dovrebbero quelle esser tenute in conto di sintomi di sviluppo o di sfasciamento? Son desse accompagnate col benchè minimo ammontare di elevazione o di depressione? » Noi non possiamo dirlo.

La scienza dei terremoti, a dispetto del genio e dell'attività di quelli che vanno ricercandola, rimane addietro, perchè le sue osservazioni non possono esser sostenute da esperimenti; e finora nessuno ha seguito il suggerimento di Geikie di fare minutamente delle misurazioni accurate delle altezze di punti nelle Alpi, allo scopo di scoprire possibilmente se le Alpi, come catena di montagne, vadano ancora crescendo oppure stiano abbassandosi presentemente.

Lenti movimenti continuati.

Noi presumeremo che le cause all'origine di questi sollevamenti di strati ed abbassamenti fossero dei movimenti lenti oscillatori del pianeta nei suoi sforzi per pervenire ad una condizione di stabilità di gravitazione. Questi movimenti, come sono descritti nel resoconto dato dell'ipotesi del Prof. Love, potrebbero risultare in un'oscillazione, simile a quella del pendolo, delle acque della Terra verso i poli ed in senso inverso. Da questo movimento delle acque della Terra si può trarre un paragone. Una gonfiezza dell'oceano nel suo movimento avanti significa a ciascun punto un innalzamento ed un abbassamento. Sovra ciascun increspamento della superficie (1) vi è una curva ed una contro curva. Così pure è stato col moto ad altalena della crosta rocciosa della terra. Lenti ma irresistibili, con pause prolungate, questi movimenti della crosta,

(1) « The Physics of Earthquake Phenomena », by C. G. Knott, pag. 4 (Clarendon Press, 1908).

come furono dimostrati dagli strati, furono per necessità accompagnati dall'incurvamento delle superfici delle roccie, originalmente piatte. Noi possiamo nelle memorie geologiche trovare degli esempi di ogni sorta di flessione, dalle singole leggere convessità o concavità alle grandi pieghe tali da costituire le montagne del Giura, i Carpazii o gli Appalachians.

Se il suggerimento di Geikie circa le misurazioni delle altezze relative nelle regioni montuose non ha ancor portato frutto, le osservazioni attuali hanno mostrato certamente che alcune spiaggie vanno lentamente elevandosi ed alcune altre vanno abbassandosi lentamente ad una ragione intermedia tra la più rapida e la più lenta. Si può dire che i geologi siano d'accordo nel supporre che una contrazione generale del pianeta vada procedendo, portando giù la superficie delle terre ed i fondi dei mari (1).

Suess ha obiettato che la contrazione generale è così grande che le ripiegature *all'insù* e gli incurvamenti non la eguagliano mai, e che i movimenti reali sono tutti *all'ingiù* sebbene in grado differente (2); ma nel di lui ultimo volume pubblicato egli ha rinunciato a questa ingegnosa teoria.

Tra il più alto punto delle terre ed a più bassa profondità del mare vi è una differenza di livello di dodici miglia (Km 19). Vi possono esser state delle montagne più alte nei tempi passati, ma sembra molto

(1) « The Face of the Earth », Vol. I-IV. Tradotto da H. B. Sollas (Clarendon Press).

(2) Suess sostiene che la faccia della Terra sia debitrice della sua espressione alle fossette ed alle grinze cagionate dall'incresparsi della Terra coll'età: ma nel di lui ultimo volume, « Das Antlitz der Erde » (Vol. III, pag. ii, Vienna, Tempsky; Leipzig-Freytag), egli abbandona l'opinione che tutti i movimenti verticali siano necessariamente all'ingiù. (J. W. Gregory, Review in *Nature*, 16 Giugno, 1910, pag. 451).

più verosimile, tenendo calcolo degli effetti chimici dell'erosione, che la tendenza sia stata per i continenti di diventare più elevati e per gli oceani di diventare più profondi, cosicchè noi presumiamo che le grandi profondità dell'oceano non siano, ad ogni modo, giammai state maggiori di quanto ora sono. Per conseguenza noi possiamo presumere che la differenza di dodici miglia sia quella massima. Se noi prendiamo in esame delle aree alquanto larghe, tali come l'altipiano del Thibet, che è di tre miglia (circa 5 Km.) al disopra del livello del mare, e l'esteso abisso di Tuscarora, il di cui fondo è cinque miglia (Km. 8) al disotto di quel livello, noi avremo una differenza totale tra i due di otto miglia (13 Km.). Se noi poniamo a confronto l'altezza media dei continenti colla media altezza degli oceani la differenza è di tre miglia (circa 5 Km). Nella presunzione che, quando il pianeta cominciò dapprima a prender forma, i grandi segmenti continentali e quelli grandi oceanici occupassero delle posizioni relative non notevolmente differenti da quelle che attualmente esse occupano — la detta differenza può esser presa come un movimento piuttosto più grande che quello differenziale all'insù od all'ingiù dei segmenti principali della superficie della Terra. Chamberlin e Salisbury calcolano che se tutti i continenti fossero levigati e tutti gli oceani fossero colmati di mota fintantochè la sfera terrestre fosse per ogni dove uguale e liscia, la superficie comune giacerebbe circa 9000 piedi al disotto delle acque (m. 2750).

Prendendo questa nuova superficie ipotetica come una referenza per paragone, si vedrà che i continenti sono stati premuti all'insù per due miglia al disopra del piano comune (m. 3200 circa), e che i bacini oceanici sono affondati di circa un miglio al disotto di quello (1600 m.). Questa è una semplice esposizione rozzamente ipotetica che non può essere facilmente

verificata. Ma la contrazione totale della Terra, dacchè essa venne dapprima consolidata in un pianeta, è probabilmente molto maggiore di queste differenze di livello tra continenti e bacini di oceani.

Contrazione.

Se il solo miglio, di cui gli oceani si sono affondati al disotto del piano comune, rappresentasse tutta la contrazione della Terra, in tal caso la circonferenza sarebbe soltanto accorciata di poco più di sei miglia. Il risultato di restringere 24.000 miglia all'incirca di circonferenza (Km. 38624), in uno spazio occupato da miglia 23.994 (Km. 38614), avrebbe da essere ottenuto per spiegare tutte le contrazioni che spinsero le montagne delle Alpi, gli Imalaja, o le Cordigliere facendone delle ripiegature. Ma è stato stimato che le pieghe contratte delle Alpi rappresentino un accorciamento di settantaquattro miglia (1). Persino la costiera di California rappresenta un accorciamento di dieci miglia. Naturalmente, nello stimare l'ammontare dell'accorciamento necessario per contrarre gli strati tanto da formare tutte le serie di montagne del mondo, non si deve aggiungere i valori di contrazione per tutte le serie di montagne insieme; ma avendo presa una linea attraverso un tratto montuoso di ripiegamento o di contrazione, noi la seguiamo sopra un grande circolo attorno al globo, ed addizioniamo insieme tutte le grandi pieghe che quello incontra. Abitualmente la linea non taglia mai più di un tratto o due profondamente con-

(1) Il Prof. Luigi de Marchi di Bologna osserva che laddove Heim ha stimato la contrazione delle Alpi da Zurigo a Como come rappresentante un accorciamento di 120 Kilometri, egli ora avrebbe da ammettere un accorciamente di cinque a dieci volte tanto quell'ammontare; e, per conseguenza, un accorciamento del raggio della Terra uguale a circa 100 miglia (Km 160) (« Rivista di Scienza », Vol. VI, N. xii, pag. 279).

tratti della stessa epoca; come darebbe il calcolo, la contrazione totale lungo ogni gran cerchio è circa doppia della contrazione che avrebbe dato origine alla più gran serie di montagne che esso taglia. Dietro queste considerazioni sono stati formati vari estimi della quantità di contrazione nella circonferenza della Terra che avrebbe raggrinzato all'insù gli strati in montagne (come si raggrinza della cera collo schiacciarla nel suo insieme); e l'accorciamento può esser stato tanto come 200 miglia (320 Km.) se tutte le ere, dalle prime roccie conosciute in poi, furono consolidate. Questo implica un accorciamento del raggio del pianeta uguale a circa 32 miglia (Km. 51).

Sarà agevolmente percepito che se il fatto di questa contrazione è concesso, esso basterà per spiegare il raggrinzamento degli strati e la formazione di serie di montagne, mediante delle pressioni tangenziali o dai fianchi. Alcuni possono a tutta prima trovar difficile di immaginare in qual modo uno strato solido di arenaria, per esempio, possa cedere col piegarsi e non sia spezzato nel processo. Ma è stato sperimentalmente dimostrato che un solido scorrerà come una lentissima melassa liquida quando una conveniente combinazione di forze agisce su di essa. Persino il marmo scorrerà. Il Prof. F. D. Adams ed il Dott. T. J. Nicolson (1) collocarono alcune colonne di puro marmo di Carrara entro tubi di ferro convenientemente chiusi, e quindi le sottoposero ad una pressione ben uguale. Quando la pressione giunse a circa 18000 libbre per pollice quadrato (all'incirca pari a Kg. 1259 per cm. q.) i tubi cominciarono a crepare. Il marmo venne allora esaminato e fu trovato essere permanentemente raggrinzato. Il marmo era ancora fermo e compatto, ma esso poteva essere subito distinto dalla roccia originale

(1) « Roy. Soc. Proc. », Vol. LXVII, 1900.

non fortemente compressa, per il suo aspetto torbido. L'esame microscopico dimostra che il materiale è stato rovinato lungo certe linee di separazione. Esso era permanentemente sforzato ed era più debole di prima e più suscettibile di schiacciamento. Per tal modo noi vediamo che sotto convenienti forze persino una roccia fredda può essere sforzata in un modo permanente, e diventa improntata a nuove forme per l'alterazione più interna, ma ancora senza disintegrazione. La roccia diviene meno resistente durante il processo, ed uno sforzamento successivo può essere più agevolmente effettuato. Recandoci in mente questi fatti noi possiamo immaginare che l'incurvamento ed il ripiegamento degli strati abbia luogo nel modo seguente. Gli strati cominceranno a cedere dove delle combinazioni convenienti di pressione e di tensione sono sviluppate in grado massimo. Non sì tosto che una zona particolare ha ceduto vi sarà una diminuzione di forza ed il cedimento cesserà. La condizione di forza favorevole ad un ulteriore cedimento sarà probabilmente sviluppata in qualche altro punto lungo lo strato, che può in tal guisa divenire gradualmente curvato o ripiegato lunghesso l'intiera sua lunghezza.

Pressioni tangenziali.

Consideriamo adesso le cause che sviluppano queste pressioni tangenziali. La più evidente di essa è la forza di gravità, che tende a concentrare le particelle della Terra. Le particelle sono usualmente considerate come tendenti verso il centro della Terra ed attraentisi così l'una coll'altra. In aggiunta questa attrazione vi sono le attrazioni meno comprese di coesione, di affinità chimica, e delle attrazioni che collegano insieme i costituenti degli atomi.

L'agente, il più familiare a noi, che opponga una resistenza alla condensazione del pianeta verso il suo

centro, si è il calore. Come la terra perde calore, essa si contrae. Ma nell'atto di contrarsi, le sue molecole cadono all'interno, ed il loro movimento, il loro cozzare insieme sviluppa nuovo calore. (Nello stesso modo ci si immagina che si mantenga il calore del sole. Esso va contraendosi, ma la contrazione di per sè stessa lo rifornisce di calore interno). Il passaggio di calore verso l'esterno del pianeta conduce quindi alla generazione di nuovo calore.

La resistenza alla condensazione che offre il calore è spiegata col dire che esso è dovuta all'urto delle particelle di materia riscaldata. Quello è un altro modo di esprimere che la resistenza alla compressione è dovuta in parte ai movimenti delle molecole. È possibile che ogni resistenza alla compressione sia dovuta a movimenti di molecole, o di atomi, o di elettroni. Il calore è semplicemente un'espressione di questi movimenti. Nelle teorie più primitive che furono formulate sulla solidificazione di un pianeta, fu supposto dapprima che una crosta si fosse formata sovra una massa liquida e che la solidificazione avesse proceduto verso il basso, come si solidifica il ghiaccio in uno stagno. Per tal modo non vi sarebbe una variazione grande di temperatura per lungo tempo nelle profondità.

Qualche 100.000.000 di anni sarebbero trascorsi prima che il raffreddamento avesse raggiunta una profondità di 160 miglia (Km. 256). Dopo che la buccia esterna si fosse raffreddata tanto da essere d'accordo col circostante ambiente attorno alla terra, essa non si sarebbe più contratta. Non vi potevano esser state contrazioni al disotto di 160 miglia, poichè quella regione non si era raffreddata affatto. Quindi la contrazione doveva aver avuto luogo in qualche parte tramezzo a quelle zone. È stato ritenuto che fosse stato una tale contrazione la causa del corrugamento

della superficie; poichè la buccia esterna andava provando di adattarsi sulla sotto-crosta affondantesi. In un qualche punto tra i due livelli ve ne deve essere stato uno in cui non vi furono nè tensione nè contrazione, un livello di nessun sforzo, che si abbassò come il tempo progredì ed il pianeta si raffreddò. Quest'ipotesi, di cui è già stata fatta menzione in un precedente capitolo, noi possiamo associarla col nome di Lord Kelvin.

Allorquando è stato dimostrato che se la pressione su roccie liquefatte fosse aumentata, l'ammontare di calore richiesto per liquefarle sarebbe pure accresciuto, sorse la seconda teoria, la quale era che la Terra dapprima si solidificasse al centro e poi congelasse all'esterno. La prosecuzione logica dell'idea addusse alla conclusione che il raffreddamento e la contrazione influenzassero la più interna profondità della Terra. Quindi la contrazione, invece di essere limitata alle esterne 200 miglia, o pressochè, fosse profondamente distribuita; e l'alto calore centrale andasse sempre passando verso l'esterno alla superficie.

Tuttavia se l'idea che il pianeta si fosse sviluppato mediante l'aggregazione di frammenti fosse accettata, allora egli è presunto che il calore interno altresì si sviluppasse colle dimensioni crescenti del pianeta. La compressione interna aumentò; il calore centrale aumentò con quella, e si diffuse dal centro all'esterno. Il calore quindi andò innalzandosi per tutto quel tempo che la compressione era sufficiente per generare calore più rapidamente di quanto il pianeta lo perdeva. L'esame di questa teoria dimostra che negli stadî primitivi della storia di un pianeta come corpo solido, la temperatura di una buccia esterna di 800 miglia di spessore (o profondità) (Km. 1280 circa), continuerebbe ad innalzarsi, mentre il nocciolo più interno (all'incirca uguale a quella per volume) darebbe

l'addio al calore così rapidamente come se andasse perdendo la sua temperatura. Un risultato singolare ne seguirebbe. La buccia esterna delle 800 miglia dovrebbe tentare di adattarsi al nocciolo contraentesi, mentre essa andava di per sè stessa estendendosi, a cagione dell'influsso di calore. Quest'ipotesi ci conduce alla supposizione che vi sia un flusso di roccia liquida, partente dalle interne profondità, verso l'esterno, e che sia pur sempre possibile che: ***la contrazione possa avere origine principalmente nelle zone le più profonde*** (1).

Tali sono le ipotesi. Tuttavia dacchè gli scavi i più profondi sulla superficie del mondo sono meno di un miglio e mezzo, e le massime temperature sotterranee, a queste insignificanti profondità, dimostrano variazioni che non si possono adattare ad una qualche formola, quelle rimangono ipotesi che non sono per nessun modo eterne. Esse sono peraltro utili per un solo punto. Esse sembrano dimostrare che la contrazione non è sufficiente per spiegare tutte le deformazioni o corrugamenti della superficie (2). Egli è possibile che qualcheduna delle deformazioni possa provenire da effetti del riscaldamento che implicano un transferimento di calore senza contrazione di una buccia interna. Oppure ancora vi possono essere stati dei riassestamenti di materia nella crosta più esterna. Per quanto più è possibile esaminare la crosta della Terra trovasi che essa è intensamente eterogenea nella sua struttura. Forse essa continua ad essere eterogenea sotto alle profondità da dieci a cinquanta miglia. Ma la materia sotto a grandi pressioni tende a raccogliersi

(1) « Geology and Earth History », Chamberlin and Salisbury, Vol. I, pag. 541.

(2) Secondo Rudski un abbassamento di 8° C. nella temperatura del pianeta in un milione di anni porterebbe soltanto una contrazione di circa un paio di yardi (m. 1,82).

nelle forme che offrono la massima resistenza alla pressione, vale a dire in forme più dense. Se gli Imalaia fossero fatti di materiale altrettanto denso quanto quello che giace sotto le fondazioni degli oceani, allora dal disotto di essi vi sarebbe una corrente reale di materia solida. Noi sembriamo costretti di presumere che la densità media della roccia che costituisce la montagna sia minore della densità del materiale che giace al disotto delle acque dell'oceano. Il tentativo della Terra di riassestare il suo materiale spiegherebbe molte deformazioni degli strati.

Noi abbiamo di già accennato alle investigazioni del Prof. Hecker, a Postdam; dal quale è stato dimostrato che il corpo solido della Terra cede all'attrazione della Luna. Le di lui ricerche mostrano che la Terra si comporta come una palla d'acciaio delle dimensioni del nostro globo.

Essa cede immediatamente alle forze che la Luna esercita sovra di essa. Essa non aspetta neppure sino a poche ore dopo. Dalle osservazioni del prof. Hecker furono tratte illazioni ulteriori: ed esse sono che la Terra non è uniformemente arcuata verso l'esterno e che essa varia per costituzione e per solidità in differenti parti. « Delle altre investigazioni hanno condotto alla supposizione che la Terra sia di una densità variabile ad una distanza di forse settanta cinque miglia e che al disotto di questa profondità, a distanze uguali dal centro, la Terra sia una massa omogenea. È quindi a niun modo inconcepibile che la mancanza di uniformità nella composizione della crosta della Terra, di cui noi troviamo l'evidenza nei nostri continenti ed oceani, possa produrre un sollevamento disuguale degli strati della Terra » (1).

Se queste cause ed i loro effetti corrispondenti furono

(1) « Harper's Magazine », Vol. CXX, pag. 715.

maggiori ad uno stadio più antico della storia della Terra la distorsione delle roccie sarebbe teoricamente considerevole. Tuttavia non è ben chiaro che i corrugamenti percettibili nelle pieghe delle montagne siano una evidenza caratteristica di quest'azione. Egli è possibile che l'effetto dell'azione della marea di questa sorta sia mascherato sotto effetti maggiori. Tale azione potrebbe aver influenzata la distribuzione di materia entro la Terra, ed aver tenuta la sua parte nel determinare, e nel continuare adesso a determinare, la distribuzione di terre e di mari. Tanto su questi argomenti negativi quanto sugli argomenti positivi della scultura della superficie della Terra, e la forza teorica delle roccie e degli strati, egli è più semplice di accettare la teoria che, mentre l'esterna buccia della Terra è sempre soggetta a minori piegature ed a continui movimenti, i movimenti più grandi sono di origine più profonda.

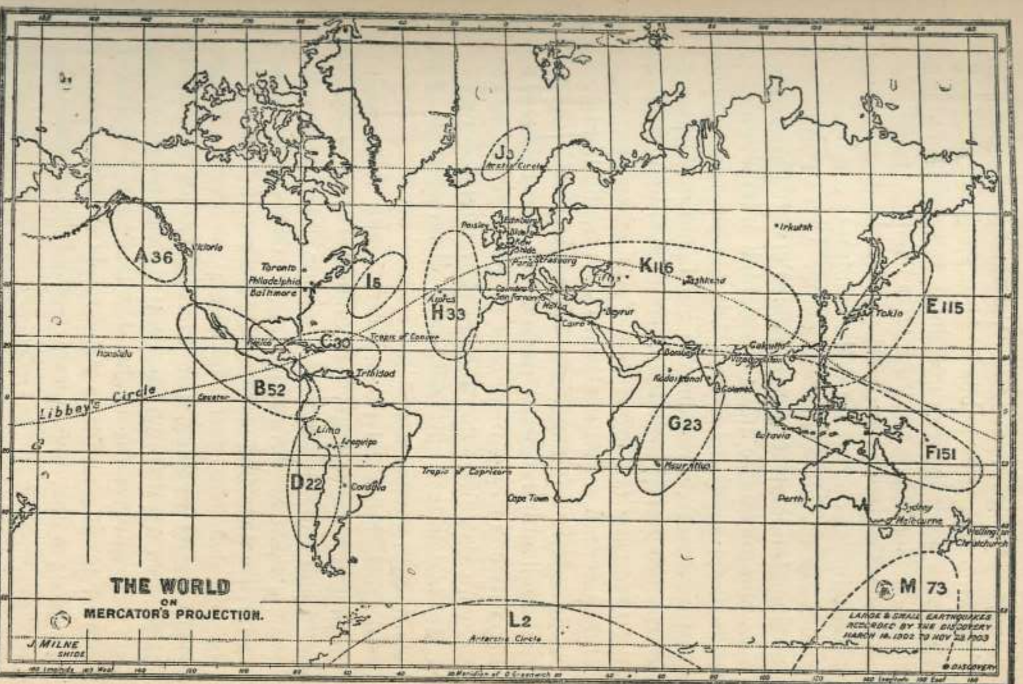
Aree di terremoti.

Egli è la consapevolezza di queste considerazioni che ha reso i geologi ed i sismologi poco volenterosi di accettare la teoria ultimamente ridestata dal dottore T. J. See ed espressa da lui con gran forza e lucidità, che tutti i movimenti di terremoti sorgono dalla forza esplosiva del vapore e che tutte le serie di montagne sono state fabbricate dalla lava injettata dai letti degli oceani nel sottosuolo dei margini delle piattaforme continentali.

La carta dei terremoti nel mondo, fatta da Mr. John Milne (1), che ha attribuito l'origine dei grandi terremoti ad aree fisse, ha pur servito a richiamare l'attenzione al fatto che queste aree furono pressochè

---

1) « Proceedings of the British Association ». Relazione del Comitato per le indagini sismologiche (1899-1909).



Le aree ovali sono quelle di origine dei grandi terremoti. Le cifre entro quelle dimostrano il numero di terremoti che da quelle aree si propagano in un periodo decennale.

sempre nelle vicinanze di grandi disuguaglianze della nuda superficie della Terra. Vale a dire, della superficie, com'essa apparirebbe se fosse spogliata di oceani. Così vi sono delle aree di origini di terremoti lunghesso la costa Nord Ovest dell'America del Nord, dall'Alaska alla California; un'altra area lungo la costa occidentale del continente dalla California a Lima: ed una terza da Lima alla Patagonia. Una quarta area in quest'emisfero è denominata l'area delle Antille, ed abbracciando le Indie occidentali interseca l'altra area di terremoti del Centro dell'America, area questa che è situata principalmente sul Pacifico. Degli altri distretti di grande attività formano l'area lungo la costa del Giappone che interseca un'altra area che copre le Indie orientali, e l'Australasia. Durante gli ultimi pochi anni passati vi è stata la più grande attività sui margini degli ultimi distretti menzionati: e nei dieci anni 1899-1908, inclusi, il numero di grandi terremoti provenienti da queste due regioni (terremoti cioè che furono registrati dagli osservatori sismologici in altri continenti) giunse a 266 (1).

Il Dott. Milne ad un primitivo stadio delle sue indagini, come sismologo, ha richiamata l'attenzione sul fatto che tutte queste aree d'origine di terremoti erano situate dove le terre avevano un declivio ripido nel mare. Se delle linee sono tratte dai picchi delle Ande, oppure dalle alte terre del Giappone verso i confini dell'Oceano Pacifico, per una distanza di 120 miglia la pendenza è dell'uno su venti o dell'uno su trenta. La conseguenza che ne ha dedotta Milne è stata che quì vi fu una tendenza delle roccie di sdrucciolare o piegarsi; e che dove questa tendenza esistesse succe-

(1) Il numero totale dei grandi terremoti così registrati in questo periodo decennale fu di 661. (Relazione annuale del Dott. J. Milne alla British Association, 1909).

derebbero, e sono infatti avvenuti, dei terremoti. L'altra conseguenza che Milne ha fatto derivare dalle sue ricerche si era che i terremoti erano frequenti in quei distretti dove vi fossero delle evidenze che la crosta della Terra andasse lentamente sollevandosi o lentamente deprimendosi.

Sollevamenti esplosivi.

Ma tra le mani del Dott. See queste conseguenze sono trasmutate in altro modo. Il terremoto, dice il Dott. See, non è la prova che gli strati siano stati sforzati a tal segno che alla fine essi abbian dovuto rompersi d'un tratto. Al contrario il terremoto prodotto dapprima da cause esplosive (il mescolarsi dell'acqua col fuoco oppure la generazione esplosiva di vapore) è la forza che è all'opera approfondendo l'oceano, sollevando le terre, raggrinzando gli strati e (mediante l'effetto cumulativo di un certo numero di tali sollevamenti esplosivi) formando le serie di montagne. Secondo questo modo di vedere il Dott. See considera le concavità nei bacini degli oceani, che si estendono come larghe fosse attorno ad una gran parte di tutti i continenti, e che stanno per ampiezza tra le dieci e le 300 miglia, come se fossero state scavate da esplosioni di vapore. Il principio generale che egli concepisce come la base di queste escavazioni è stato spiegato in un precedente capitolo.

Il Dott. See si serve di quel principio per spiegare la leggerezza relativa di alcune aree di montagne della crosta della Terra (1). « Quando la tensione del vapore racchiuso sotto gli oceani diventa grandissima, esso finalmente costringe la crosta a cedere lungo i margini, e le montagne sono spinte all'insù dove la crosta si spezza parallela alla costa. Quando una via

(1) « Proc. Americ. Phil. Soc. » Vol. XLVI, 1907.

di sfuggita si è per tal modo aperta per la lava, essa continua di poi attiva, e le montagne si sviluppano più alte e più alte, ammenochè nel frattempo il mare si ritiri a troppo grande distanza... La formazione di pomice ovunque sotto le terre, com'esse sono elevate dal vapore che si forma sotto gli oceani, va innalzando il livello dei continenti a dispetto dell'erosione. Così lungi dal contrarsi la terra può in realtà andare espandendosi molto debolmente. Quest'espansione è dovuta alla formazione di pomice pressochè ovunque al disotto della crosta ».

Ed ancora, più oltre: « In un tempo od in un altro gli oceani principali formano delle montagne tutto attorno ad essi, ma in qualunque epoca geologica il rilievo può essere principalmente sopra un lato, eccetto quando l'oceano è di grandissima estensione, come il Pacifico, il quale quindi è attivo tutto attorno, ed ottiene qualche rialzo interno mediante la formazione di numerose isole ». Il Dott. See riporterebbe l'origine degli Imalaja all'espulsione di lava dal disotto dell'oceano Indiano, appunto nello stesso modo com'egli riferisce la formazione della grande vallata delle Ande all'espulsione di lava dal Pacifico attraverso ad un parallelo ad esso. La continuazione di terremoti al Sud dell'Imalaja egli l'attribuisce all'attività del mare antico attraverso alle attuali vallate del Gange e del Bramaputra; ed egli è propenso a credere che lo sforzo al disotto dell'oceano Indiano sia ancora rilevato dagli stessi movimenti « i quali in origine formarono e vanno ancora innalzando le montagne dell'Imalaja... » « Appunto come l'intiera isola del Giappone continua ad essere innalzata da movimenti provenienti dall'abisso di Tuscarora, così il complesso dell'altipiano del Thibet fu una volta sollevato da un Oceano Indiano di cui queste vallate (anzidette) sono le vestigia.... Nello stesso modo la vallata del Po è

quanto rimane di una valle marina che ebbe la massima influenza nel sollevamento delle Alpi Svizzere. Ma nel caso delle Alpi, Geikie ha dimostrato che vi era pure un mare al Nord il quale è adesso intieramente scomparso, sebbene ancora rimangano traccie della sua esistenza primitiva ». Forse il più forte anello nella catena del ragionamento del Dott. See si è quello che indica l'innalzamento di qualche cosa che s'approssima ad una serie sottomarina di montagne di pomice nel vicinato delle isole Aleutiane, a Nord delle quali, durante questi ultimi cent'anni si sono sollevate parecchie isole vulcaniche.

Il Dott. See ha ordinato questi fatti con grande abilità, e la presentazione della di lui questione è l'argomento della più gran potenza che giammai sia stato posto innanzi in favore dell'opinione sostenuta sin dai giorni di Strabone, Aristotile o Plinio, che la forza espansiva del vapore sia la causa primaria di eruzioni vulcaniche e di perturbazioni sismiche. Noi abbiamo di già mostrate alcune delle ragioni per credere che quello non possa spiegare interamente quei fenomeni; ma ciò può servire come spiegazione di alcune forme di vulcanismo. L'infiltrazione dell'acqua del mare nei fianchi rocciosi degli oceani è un fenomeno molto probabile, ed è stato addotto spesse volte per spiegare i volumi di vapore che accompagnano le esplosioni vulcaniche. Ma nella veduta la più moderna le cause di terremoti e di vulcani sono distinte ed i loro effetti coincidono raramente. « Le forze che operano nel tempo delle eruzioni vulcaniche, sono di un genere diverso da quelle sviluppate durante i terremoti od i tremiti della Terra. I movimenti della terra (Edbeben) sono le manifestazioni di forze puramente meccaniche dovute alla diminuzione di tensione elastica; mentre l'eruzione vulcanica è prodotta dalla forza espansiva dei gaz, primo tra di essi il vapore, i quali sono te-

nuti in soluzione, o disciolti, nel magma di roccia liquefatta » (1). Altrettanto geologicamente quanto riguardo al tempo, le eruzioni vulcaniche producono degli effetti più marcati di quanto non facciano persino i più grandi terremoti.

Eruzioni vulcaniche e lave.

Poche osservazioni circa la natura delle eruzioni vulcaniche possono servire a mostrare quali sarebbero le difficoltà di classificarle, insieme coi terremoti, come conseguenze di alcune cause comuni ed inalterate. Le eruzioni dei differenti centri eruttivi sono regolate in modi intieramente differenti tra di loro. In un sito l'azione vulcanica è pressochè continua; in un altro le eruzioni sono separate da periodi di quiescenza che possono essere lunghi quanto dei secoli. Sembra come se in alcuni casi, durante il periodo di riposo, la pressione dei gaz andasse gradatamente crescendo finchè essa divenisse forte abbastanza per spezzare in due i materiali solidificati, prodotti dalle precedenti eruzioni, che avevano tappato l'adito principale per la sfuggita della lava. Egli è pur anche possibile che l'accumulazione di vapori caldi riduca la lava solidificata di nuovo al punto di fusione. La lava per tal modo fusa un'altra volta è spinta su sino all'orifizio vulcanico oppure attraverso ai suoi spiragli, finchè non è ritornato l' equilibrio. Allora l'eruzione si arresta e la lava è dinuovo solidificata. Vi sono delle differenze segnalate nei caratteri delle eruzioni. Mentre alcune di esse sono distinte da scoppi esplosivi che espellono polvere fine, scorie, altre di esse si fanno soltanto lecito di traboccare versando della lava.

(1) F. E. Suess, « Rivista di Scienze », Vol. VI, « Moderne Theorien der Erdbeben und Vulkane ».

La prima forma di eruzione abitualmente produce delle lave vischiose saturate di gaz e ricche di silicati; la seconda produce delle lave basaltiche con poco acido silicico. Più spesso le eruzioni sono di un carattere misto; esse sono precedute da esplosioni di gaz o di vapore di acqua, le quali soventi gettano in alto dei frammenti, o più grandi o più piccoli, del cono, nonchè le scorie raccolte da eruzioni più deboli dei passati tempi; e queste manifestazioni sono seguite da grandi quantità di lava e di cenere. Ma se si considerano gli antichi crateri esplosivi come quelli dei laghi di Eifel, o i coni di lava quali li aveva sovrapposti il Vesuvio sul primitivo cono di Somma; oppure in altre categorie vulcaniche dei coni come quello dell'Etna oppure i giganteschi crateri traboccanti di Hawaii, in ciascuno di questi casi la forza che li pone in azione va espandendo dei gaz. La funzione del gaz è la più appariscente quando le eruzioni vulcaniche sono di carattere ritmico (qual'è l'azione dei geyser); e lo Stromboli fornisce un esempio di questo modo di azione; ma un tipo ricorrente di azione ritmica può essere osservato qualche volta in altri vulcani.

Oltre al vapore, dei grandi volumi di altri gaz caratterizzano le esplosioni vulcaniche, specialmente le anidridi clorica e solforica. Spesso gli acidi nelle ceneri sono disastrosi per la regione dove esse cadono; dopo l'eruzione del Vesuvio del 1906, le piantagioni del Golfo di Napoli hanno sofferto aspramente per la presenza di tali acidi nelle acque. Del clorato di soda e di potassa sono stati trovati nelle lave di quell'eruzione. Si è trovato pure dell'idrogeno libero nei gaz vulcanici d'Islanda e di altri siti : e grandi quantità di idrogeno furono rinvenute nelle emanazioni del Monte Pelee. Dopo l'eruzione principale continuano a sfuggire delle quantità di gaz dagli spiragli del cratere o dalla lava che si raffredda — del vapore, dei cloruri

alcalini, anidride solforica, idrogeno solforato — e più tardi anidride carbonica. Una coincidenza che è intieramente rilevante si è che questi prodotti gazosi si trovano nei geiser dell'Islanda, e nelle sorgenti termali (tali come quella di Carlsbad). Suess osserva che questi gaz non sono il risultato di filtrazione da strati sovrapposti, od i prodotti di raccolta di acque sotterranee, ma sono prodotti altrettanto schiettamente vulcanici quanto lo sono i gaz della lava ; « essi vedono il giorno per la prima volta » (« sie treten hier das erstemal an des Tageslicht »). Le esplosioni vulcaniche, le sorgenti termali, le emanazioni di anidride carbonica fredda, sono tutte manifestazioni dello stesso fenomeno — l'espulsione di gaz dal globo terrestre — cioè la sua degazificazione (« die Entgasung des Erdballes »). Esso è un processo intieramente diverso nella sua essenza, dai processi mediante i quali sono formate le montagne, e di cui i tremiti della terra sono la manifestazione.

I patrocinatori di una connessione importante tra il vulcanismo ed i terremoti hanno allegato « la cintura di fuoco del Pacifico » in sostegno della loro teoria : ed egli è vero che la carta del prof. Milne, delle origini dei terremoti, rivelerebbe a primo aspetto alcune rassomiglianze con una carta sulla quale fosse stato fatto un tentativo di distribuzione dei vulcani dal mondo in regioni. Ma mentre esistono dei vulcani nelle regioni scosse da terremoti — come lungo la costa ovest del Sud America — mancano completamente dei vulcani attivi nell'Asia Minore, nella Mesopotamia e negli Imalaja, mentre delle regioni come Hawaii o l'Islanda, nelle quali l'attività vulcanica è molto notevole, sono al di fuori di ognuna delle regioni di origine dei grandi terremoti.

E sebbene delle scosse locali della Terra accompagnino le grandi eruzioni vulcaniche, l'area per tal modo

perturbata o scossa non è per estensione paragonabile a quelle che sono sensibili ad un grande terremoto. Il Giappone ha dei vulcani ed è scosso da terremoti; ma i terremoti nascono o sulla costa di levante, o nell'oceano all'est delle isole; ed i loro effetti si sviluppano sempre meno sensibilmente nell'interno delle terre, finchè appiè delle interne montagne, dove si trova un gran numero di vulcani, i terremoti sono appena percettibili. Similmente nel Messico le regioni le più violentemente scosse da terremoti sono remote il più lontano possibile dai vulcani. Le regioni di terremoti sono presso all'altipiano di Anahuac ed alla costa del Pacifico: le regioni vulcaniche al nord-ovest sono poco perturbate da terremoti. Ed ancora le rive dell'Atlantico nell'Istmo di Tehuantepec (America Centrale) è completamente esente da terremoti, a dispetto delle frequenti eruzioni del vulcano di Tuxtla; e la stessa indipendenza di azione tra un vulcano ed un terremoto sembra mantenersi costante nel più gran numero di regioni che stanno lungo la costa del Pacifico.

Sconnessione tra il vulcanismo ed i terremoti.

L'assenza di relazione tra terremoti e vulcani non è supposta semplicemente per questa assenza superficiale di una innegabile connessione tra di essi. Le eruzioni di un vulcano sono semplicemente l'ultima, e relativamente insignificante, manifestazione di un qualche avvenimento che è andato svolgendosi al disotto della superficie. Quando un vulcano si è estinto, ed ha cessato di accumulare scorie e cenere, l'erosione può alla lunga spazzar via il suo cono di lapilli e porre a nudo le sue fondazioni. Si può allora notare che la lava accumulata nelle sue profondità e nei crepacci, nei dicchi e nel camino, non è solidificata nello stesso

modo come la lava della superficie. Invece di essere una massa di pomice porosa, sbriciolata ed arsa, o di vetri vulcanici con delle masse di cristalli liberi — si è trovato che essa era composta di roccie cristalline che devono la loro struttura cristallina alla solidificazione che è stata effettuata lentamente e sotto pressione.

Se la denudazione procede si può allora manifestare un pilastro, o due pilastri, di roccia cristallina. Poscia subito delle roccie attraversate da vene di roccie eruttive. Finalmente, in luogo delle montagne originali o dei coni vulcanici si trovano intercalati tra le stratificazioni della fondazione dei blocchi estesi di materiale che a prima vista ha nulla di comune con i vulcani della superficie, sia rispetto alle dimensioni loro, e loro forme, sia in rispetto alla loro struttura rocciosa. Queste roccie sono denominate batoliti: e dal fatto che quanto più noi andiamo nella profondità, tanto più essi sono grandi, noi concludiamo che queste masse non riposano su qualche fondazione di roccie di sedimento, ma continuano all'ingiù sino a profondità sconosciute. Le roccie delle quali sono precipuamente costituiti i batoliti sono: graniti, dioriti e sieniti. Il loro apparire trammezzo alle più primitive delle roccie di sedimento ha dato origine alla teoria tra i geologi del secolo passato, che quelle fossero le fondazioni della roccia la più primitiva della crosta del pianeta; ed esse furon dette roccie Plutoniche per distinguerle da quelle roccie più recentemente eruttate. Leopoldo van Buch e la di lui scuola trae da esse la conclusione che le catene di montagne fossero originalmente cagionate dal sorgere all'insù di queste roccie dalle profondità. Un esame più accurato di ciò che può essere denominata architettura delle montagne ha, tuttavia, convinto la maggioranza dei geologi che le montagne sono state sollevate non già da una forza

centrale ascensiva, ma da una pressione unilaterale che le ha spinte a formar delle pieghe, l'una contro l'altra. Questo è dimostrato nel modo il più chiaro mediante l'esistenza di catene di montagne composte di una serie di piccole pieghe, dorso a dorso, senza qualche asse centrale e non mostrando traccia qualsiasi di una qualche roccia eruttiva. Tali per esempio sono le montagne del Giura Svizzero. Egli è vero che nessun'altra montagna, fuorchè le grandi catene di esse, manifesta spesso dei batoliti: ma il più gran numero di questi batoliti sono più recenti che le montagne stesse. Essi hanno invaso le montagne che li circondano, ma l'effetto loro è stato semplicemente di modificare le pieghe di già formate. Tale è il caso dei graniti massicci dell'Erzgebirg e del Devonshire.

Fondamenta delle montagne.

Qualche volta i batoliti portati dalle montagne hanno condiviso il movimento loro e sono stati modificati da questi mezzi meccanici, cosicchè le roccie batolitiche sono state trasformate in gneiss ed in schisti cristallini. Una prova che questo modo di trasformazione caratterizza la struttura delle Alpi è stata fornita recentemente dalle informazioni che la perforazione della galleria del Sempione ha procacciato ai geologi. Si è trovato che delle grandi sezioni di montagne, della estensione in volume di parecchi chilometri cubici, e costituite da roccie provenienti dalle profondità della Terra, parzialmente modificate, avevano preso parte al movimento che aveva ripiegata la montagna; esse sono state ritorte alle radici loro, trascinate e spinte, come se fossero state inerti, dalla forza di quegli strati di sedimento che prima di allora avevano formato il loro ricovero.

In altri casi la forma e le distribuzioni dei batoliti

sono in una misura dipendente dalle più grandi caratteristiche della struttura delle montagne. Tali per esempio sono i batoliti di granito delle Alpi medie, che si estendono dalla valle Giudicaria e dall'Adamello nel Tirolo sino a Bachergebirg nella Stiria, e che dividono due distinti sistemi di montagne. In questo esempio i movimenti della crosta erano tali da concedere l'estrusione di quelle roccie dalle loro profondità, dopo che le montagne avevano assunto la forma ed il loro contorno.

Nello stato attuale di conoscenze noi forzatamente ammettiamo che i graniti ed i basalti cacciati fuori (come nel caso della spina del Monte Pelée) da un camino vulcanico, sono fatti dello stesso magma sotterraneo dei batoliti. Noi c'immaginiamo che i batoliti siano stati forzati all'insù dalle profondità per la graduale fusione delle roccie che li circondano. Alcuni batoliti non raggiungono mai la superficie; essi rimangono semplici roccie intrusive. In altri casi quando sono ad una certa distanza dalla superficie, e quando la pressione su di essi è diminuita, le forze esplosive entro essi stessi e latenti nelle loro vicinanze diventano più grandi di quanto gli strati sovrastanti possano reprimere e si stabilisce allora un centro vulcanico. Esso può ardere attraverso il centro sovrastante per formare un vulcano dell'una o dell'altra tra le varietà conosciute.

Sebbene le forze vulcaniche non possano dare origine a montagne e non siano per nessun verso delle costruttrici di montagne, tuttavia la distribuzione loro ed il loro modo di azione mostra una dipendenza dal carattere della superficie terrestre che è di per sè stessa interessante. Mentre che dei vulcani attivi sono assenti da formazioni montuose relativamente recenti, tali come gli Imalaja o le Alpi, essi si trovano il più delle volte in formazioni recenti, ed essi soventi sem-

brano essere distribuiti lungo linee che sono state determinate dal processo di fabbricazione di montagne. I grandi vulcani dell'Africa sono delle eccezioni alla regola; il Kilimangiaro, il Kenia, il Teleki, ed il Koulalall presso al Lago Rodolfo, altrettanto come i vulcani di Abissinia ed altri vulcani, sono situati su fessure che tagliano e attraversano degli antichi e non sformati altipiani. I vulcani estinti d'Europa, tali come quelli di Boemia e di Alvernia sono principalmente distribuiti lungo antiche falle, e spostamenti di antiche serie di montagne.

Noi abbiamo notato altrove una possibile differenziazione di lave eruttate da vulcani, in quelle che sono povere, ed in quelle che sono ricche di silicati. A quelle povere per acidi silicici appartengono le lave emesse dai vulcani d'Africa, dell'Europa centrale, e dell'isola vulcanica dell'Atlantico (tuttavia non da quelli delle Indie Occidentali). I vulcani dell' occidente dell'India appartengono alla seconda classe, quelli che sono associati con serie di montagne « recenti », e specialmente quelli che stanno sulla costa del Pacifico. Questi fatti sembrano fornire un buon argomento contro l'accettazione della teoria che i vulcani sorgano da serbatoi isolati di roccie fuse; essi piuttosto danno maggior forza alla credenza che i magma interni siano determinati dalla composizione intima e dalla struttura interna del pianeta (1).

---

(1) Suess osserva che il terremoto di Messina, del 28 Dicembre 1908, è un meraviglioso esempio dell'assenza di interdipendenza tra l'azione vulcanica e quella dei terremoti. Mentre questa ebbe luogo, l'Etna ed i vulcani delle isole Lipari rimasero tranquilli. La grande eruzione del Vesuvio nell'Aprile (1906) non fu accompagnata da alcun terremoto in Calabria, ed inversamente le grandi scosse di terremoto del 1905, non ebbero influenza sui vulcani vicini.

Costruzione di montagne e radio-attività.

Facendo ritorno alla quistione della costruzione delle montagne dobbiamo riferirci alla complessità accresciuta che è stata aggiunta al problema dai recenti studi delle Alpi. Si ha da spiegare qualche cosa di più che il corrugamento della crosta del pianeta. La pressione tangenziale o laterale potrebbe corrugare la crosta in pieghe, come si potrebbe spiegazzare questo foglio premendolo dai fianchi ottenendo con tali mezzi delle pieghe curvate in più di una direzione o scavalcantisi le une alle altre. Ma lo scavalcarsi nelle Alpi succede su tale scala che dei materiali di montagna sono stati trasportati dal Sud delle Alpi al Nord, lasciandole definitivamente come delle serie montuose di antichi sedimenti che riposano su fondazioni più recenti di quanto esse non siano.

Egli è come se una qualche gran marea terrestre avesse avvoltolato gli antichi sedimenti in un'onda sopra quegli altri che non erano peranco nati quando furono depositate le prime roccie. « Le montagne minori che s'innalzano lungo il margine settentrionale delle grandi Alpi di calcare », dice Joly (1) « — quelle cioè note col nome di Prealpi — presentano la strana caratteristica di riposare sopra materiali più recenti di loro stesse ». Esse sono delle moli montane analoghe ai massi erratici che sono trasportati dai ghiacciai, giganteschi macigni che sono stati trasferiti dalla zona centrale delle Alpi, che sta molto lontano, al Sud. Esse pure, come quei massi, sono straniere nella località in cui si trovano; i materiali loro possono essere dolomiti, calcari, schisti, arenarie oppure roccie ignee, ma esse tutte mostrano segni di rigide pres-

(1) « Radio-activity and Geology », da J. Joly (Constable, 1909). Intendasi qui le Prealpi Svizzere verso il Nord. (*N.d. Tr.*).

sioni e di contorsioni. Le roccie ignee possono essere rintracciate al Monte Bianco, nel Tirolo, nelle montagne dei laghi italiani... Le Prealpi, in poche parole sono montagne senza radici.

« In questa loro ultima caratteristica le Prealpi (1) non differiscono dalle Alpi più grandi, di calcare, che tengono loro dietro a Sud. Dei giganti tali come la Jungfrau, il Wetterhorn, l'Eiger sono pure senza fondazioni locali. Essi sono stati formati dalle curve disfatte e distese di grandi pieghe della crosta, le cui radici sono rintracciabili nel lato Sud della vallata del Rodano. L'Oberland Bernese trasse origine dall'accatastarsi di quattro grandi pieghe giacenti, una delle quali è continuata nelle Prealpi (Svizzere del Nord) ».

Le Prealpi non formano un caso eccezionale (2). Esse sono semplicemente un esempio del meccanismo che ha costrutto le Alpi Svizzere, quali noi le vediamo. Esse non sono un ripiego locale del foglio sedimentario delle Alpi. Quasi tutta l'intiera coperta è stata spinta su ed accumulata al Nord. Le Prealpi sono state tagliate via dagli strati a cui esse appartenevano dall'azione di denudamento, ma Lugeon pensa che se noi avessimo potuto esaminarle prima che esse fossero per tal modo separate dalle loro radici, noi avremmo trovato otto fogli di sedimento sovrapposti e ripiegati su di loro stessi. I fogli si estendevano lontano come il Monte Bianco ed il Finsteraarhorn. Questo è come se una persona avesse rovesciato violentemente indietro gli spessori ad otto doppi delle coperte di un letto. Quella più elevata fra le pieghe giacenti sovrapposte è più estesa nel suo sviluppo di quelle che giacciono al disotto. Passando dalla più alta delle pieghe all'ingiù, si trova che esse sono sempre meno estese negli strati

(1) *Ibidem*. (V. Nota prec.).

(2) Lugeon, « Bulletin Soc. Geol. de France », 1901.

inferiori. Joly raffigura in altro modo l'assestamento loro. Quelle pieghe che hanno le loro radici nel punto più lontano al Sud sono quelle più tratte fuori a Nord. Egli si è ricordato del frangersi delle onde sopra una spiaggia in pendio. L'onda ritardata dalla sua base è portata avanti alla sua sommità, e finalmente s'arrotola su di sè e si spande sulla spiaggia. Se essa potesse essere gelata com'essa si sparge, l'onda ventura dovrebbe spandersi su quella. Così avviene per gli strati, capitombolati l'uno sull'altro per formare le Alpi.

Questi fenomeni (1) hanno fatto emettere dai geologi molte spiegazioni. Alcuni come il De-Marchi hanno tentato di mostrare che la riunione di sedimenti pesanti nei concavi letti degli oceani, darebbe origine ad incurvamenti e spinte all'insù, oppure all'ingiù, degli strati, appena che gli strati fossero depositati. Joly invoca i fenomeni di radio-attività per spiegare questo problema, il più imbarazzante tra tutti quelli geologici. Le roccie sedimentarie non avrebbero potuto essere spinte in tal modo da pressioni laterali ammenochè esse non fossero state di una natura che le facesse fluire quando erano compresse; e Joly ingegnosamente dimostra che esse devono esser state di gradi variabili di viscosità — come spessori diversi di melassa. Oltre a quello egli ha tentato di rintracciare una connessione tra questa viscosità variabile e le temperature, alle quali queste roccie compresse sottogiacenti furono assoggettate; ed immagina uno stato di cose in cui il calore lentamente s'innalza verso lo strato superiore a tutti, delle roccie piegate e sempre piegantisi, mentre le roccie diventano sempre più e più fluide.

(1) Lapworth, pressochè una generazione addietro, aveva richiamato l'attenzione su fenomeni consimili su scala minore nelle Montagne della Scozia.

Per la sorgente di calore Joly non fa assegnamento sopra il magma interno della Terra: ma sopra una quantità di radio nelle roccie sedimentarie.

Delle traccie di radio sono state trovate in pressochè tutti i minerali della superficie. Vi sarebbe una concentrazione di radio nelle roccie sedimentarie. Joly nel considerare l'effetto del radio nelle roccie scoperte da residui di perforazione della galleria del Sempione, colle loro inattese alte temperature, venne alla conclusione che sarebbe possibile di spiegare le differenze delle temperature delle roccie sotterranee coll'attribuire tali temperature all'ammontare del radio contenuto in dette roccie. Donde egli ha arguito che le locali concentrazioni di radio cagionate dalla sedimentazione fossero a loro volta causa di aumenti locali di temperatura nella crosta del pianeta. A questi posti la resistenza della crosta allo sforzo, alla tensione, o ad un colpo è menomata — e per tal modo sono concesse delle condizioni favorevoli per l'innalzamento, per il ripiegamento e per l'ammaccamento.

CAPITOLO XIV.

Età e Clima.

La radioattività quale sorgente rifornitrice di calore. - Il Radio ed il calore della terra. - Estimo dell'età della terra. - Clima della terra primitiva. - Periodi glaciali. - Teoria di Croll. - Durata del congelamento in Marte. - Epoca glaciale dell'era Permiana. - Effetto della distribuzione della terra e dell'acqua sul clima. - Atmosfera e Clima. - Variazione del calore del Sole.

Nel Marzo 1903, Curie e Laborde annunziarono la scoperta della proprietà del radio di emettere calore. Essi avevano trovato che un composto di radio emette continuamente del calore senza combustione o cambiamento nella sua struttura (1); e che il calore emesso è sufficiente per conservare la temperatura del radio $1^{0},5$ C. al disopra di quella dei corpi circostanti.

Esponendo sotto altra forma questo fatto — un gramma di radio emette calore sufficiente in ogni ora per far innalzare la temperatura di una quantità di acqua pari al proprio peso, dal punto di congelazione al punto di ebollizione. Dopo un lasso di tempo di 1000 ore, sarà stato emesso abbastanza calore da innalzare di un grado la temperatura di una quantità d'acqua pari ad un milione di volte il peso del radio. Non ci abbisogna tener dietro a questo processo in

---

(1) « Struttura molecolare », P. Curie et Laborde, « Comptes Rendus », 136, p. 673 (1903).

particolari analitici più precisi. Egli è evidente che se il radio esiste in quantità apprezzabile nella crosta terrestre, o se i processi di radio-attività, paragonabili per ogni verso a quelli rivelati dal radio, sono in corso tra i minerali della terra, allora l'ammontare del calore per tal modo dispensato, dovrebbe avere una qualche influenza importante sulla struttura, e perfino sulla costituzione del pianeta.

La radio-attività non è certamente limitata ai soli elementi radiattivi; ma essa esiste dovunque in piccolissimo grado. L'aria delle cantine e delle grotte è radioattiva; lo sono pure la pioggia e la neve cadute di recente; e lo è pure anche una grande quantità dell'acqua da bere. Le sorgenti minerali ed i gaz vulcanici esibiscono traccie di radio-attività; essa è stata trovata nel limo e nell'argilla e nelle roccie. In molti di questi casi la radio-attività è stata rinvenuta per la presenza di minute quantità di radio nelle sostanze esaminate: e dacchè il radio va emettendo continuamente emanazioni che vanno sempre trasmutandosi e disperdendo dei raggi nel far ciò, egli è possibile che le radiazioni osservate nell'aria e nell'acqua provengano dalle energie del radio, o dai suoi antenati o dai suoi derivati. Appare ugualmente probabile che tutte le sostanze siano radio-attive ad un grado maggiore o minore; e che stia svolgendosi un processo il di cui risultato, or pronto ed ora lento, sia uno sprigionarsi delle energie degli atomi. In tale processo di disperdimento il calore è una delle forme di energia che viene resa manifesta.

Il Radio ed il calore della terra.

Quando questi fatti furono noti e ponderati non fu perduto tempo nell'applicarli a spiegazioni di problemi astronomici e geologici. La conservazione del calore del Sole ha fornito un problema non intieramente ri-

solto dalla teoria di Helmholtz che il calore è sostenuto dalla simultanea caduta delle particelle del Sole, dacchè esso si contrae. La soluzione non è soddisfacente, poichè il Sole, secondo questa teoria, apparirebbe aver avuto una vita troppo breve. Secondo le parole stesse di Lord Kelvin, sarebbe «in sostanza probabile che il Sole non abbia illuminato la Terra 100.000.000 di anni e sarebbe quasi certo non abbia fatto ciò per 500.000.000 di anni. Circa al futuro noi possiamo dire con uguale certezza che gli abitanti della Terra non possono sperare di godere la luce ed il calore necessarî all'esistenza loro ancora per molti milioni di anni, ammenochè delle sorgenti di calore sconosciute oggi a noi, stiano preparate nei grandi magazzini della creazione»..... I fenomeni di radio-attività hanno indicato alcune simili sorgenti non conosciute di calore. L'elio esiste in quantità enorme nel Sole; e l'elio è uno fra i prodotti degli elementi radio-attivi. È dunque possibile, ed è persino verosimile che nel Sole esistano grandi quantità di elementi radio-attivi. Se vi fossero parti 2,5 di materia radio-attiva su ogni milione di parti della materia solare il calore emesso sarebbe sufficiente per mantenere costante la produzione del Sole in calore ed in luce (1).

Il Prof. Joly, come noi abbiamo veduto, ha attirato l'attenzione sull'importanza della radio-attività come una sorgente di calore terrestre (2), siano i minerali radio-attivi, abbondanti nella crosta, o siano dessi situati più profondamente. Rutherford (3) ha calcolato che se vi fossero parti 4,6 di radio su centomila miliardi di parti di materiali della Terra quest'am-

(1) Rutherford and Soddy, « Phil. Mag. », Maggio 1903; Wilson, « Nature », 9 Luglio, 1903.

(2) Joly, « Nature », 1 Ottobre, 1903.

(3) 4.6×10^{-14} grammi per ogni gramma dei materiali della Terra. Rutherford e Soddy, « Phil. Mag. », Maggio, 1903.

montare compenserebbe tutto il calore che la Terra irradia attorno a sè nello spazio.

Finalmente Strutt (1) ed Eve (2) (nel Canadà) hanno esaminato le roccie della superficie della Terra, tanto ignee quanto sedimentarie, ed hanno trovato che gli ammontari dei minerali radio-attivi in esse erano molto in eccesso della quantità che i calcoli di Rutherford richiedevano. La quantità trovata variava da gr. 4.78 di radio su grammi 1.000.000.000.000 del granito della Rhodesia a grammi 10,3 di radio su mille miliardi di parti del basalte di Groenlandia e 0,12 parti sovra 1.000.000.000.000 della creta di Cambridge.

Eve ha trovato che il risultato medio tra gli anzidetti era di 1,7 su 1.000.000.000.000 per le roccie ignee e di 1,1 per quelle di sedimento; e tutti e due questi risultati sono più di trenta volte maggiori di quanto richiedano i calcoli di Rutherford.

I torrenti di lava, e le roccie vulcaniche, ed alcune roccie ignee mostrano delle proporzioni ancor più elevate di minerali radio-attivi. Alcune roccie della galleria del Sempione salgono sino al valore di 9,6 per ogni 1.000.000.000.000 parti e la media di un gran numero di roccie ignee all'infuori di quelle del Sempione, giungono all'alta ragione di 4,2 per ogni mille miliardi di parti, cioè quasi un centinaio di volte di più di quanto sia necessario. Se noi potessimo supporre che il radio od i minerali radio-attivi fossero ugualmente distribuiti per tutta la Terra, ci si parerebbe innanzi il fatto straordinario che queste sostanze vanno sviluppando maggior calore di quanto ne vada perdendo la terra: e quindi per altrettanto tempo che la Terra andrà diventando più fredda per la perdita di calore nello spazio, essa andrà invece diventando più calda.

(1) Strutt, « Proc. Roy. Soc., » 77A, 472, e 7A, 150.

(2) Eve, « Phil. Mag. », August, 1907, p. 231.

Quando le ricerche, le quali miravano ad accertare la presenza del radio, furono spinte nella profondità del mare è stato trovato che l'acqua del mare e le melme degli abissi marini contenevano del radio in quantità grandi. Joly (1) ha calcolato che nelle acque degli oceani vi sono 20 mila tonnellate di radio, e che un milione di tonnellate di radio siano sparse sul suolo dell'oceano. I bacini concavi dell'oceano accumulano e concentrano del radio e dell'uranio ed i prodotti loro; e Joly suppone che nelle grandi fosse — tali come quelle che per la natura delle prime distribuzioni di continente e di oceano furono formate lungo la costa ovest delle Americhe — i sedimenti ivi depositati accumulano, non materia soltanto, ma ben anche energia radio-attiva.

« L'energia è infatti trasportata con i sedimenti — l'energia che determina il posto del cedimento e del sollevamento degli strati, ed ordina che le serie di montagne s'erigano attorno ai limiti continentali. La sedimentazione da questo punto di vista è una trasportatrice di energia ». Si vedrà che Joly sostituisce all' « azione del vapore » di See, l'energia calorifica lenta della radioattività. Noi possiamo inversamente chiedere con See se questi fenomeni radio attivi sono limitati ad un foglio relativamente sottile della crosta del pianeta? Diminuisce la radio-attività con una maggiore profondità della crosta?

« Così addentro », osserva Joly (2), « niente di definito può essere dedotto su questo punto. In parti del basalte del Deccan Indiano la corrente di lava dimostra una piccola quantità di radio, ma la media non è più bassa di quella di altre roccie dello stesso

(1) Joly « Phil., Mag. », July, 1908, p. 190.

(2) Discorso presidenziale alla sezione geologica della British Association, Dublino, 1908.

genere. Le roccie del centro del S. Gottardo mostrano le radio-attività le più basse finora incontrate..... Vi può essere un significato in questo..... Ma l'intiera quistione è presentemente intralciata dalla difficoltà che noi conosciamo soltanto poco circa l'origine delle roccie ignee. Noi non conosciamo le profondità, da cui esse sono state portate... ». Si vedrà che la posizione del radio, quale influenza plasmatrice del pianeta, non è ancora assicurata ; sebbene, l'esistenza dei minerali radio-attivi fosse pur anco limitata ad una moderata profondità della crosta, la loro influenza sarebbe importante, perchè la crosta riscaldata da essi come una coperta che si riscalda di per sè stessa, aiuterebbe a preservare il nocciolo del pianeta dal perdere il suo calore.

Età della terra.

Contemplate da questo punto di vista le potenzialità del radio sono state afferrate dai geologi come un argomento contro quella meschina limitazione della vita della Terra, alla quale le teorie matematiche di Lord Kelvin lo avevano condotto. Lord Kelvin pervenne al suo estimo dell'età del mondo da parecchie considerazioni: la vita del Sole; l'effetto dell'attrito delle maree nel ritardare la sua velocità (2); ed il raffreddamento delle sue roccie. Egli assunse, come punto di partenza, un globo del diametro di 8000 miglia (Km. 12800) con una temperatura uniforme di 3710° C. che era la più bassa temperatura a cui la sua crosta potesse solidificarsi; ed egli si domandò quanto tempo avrebbe richiesto un tal globo per raffreddarsi sino

(1) Il secondo di questi fattori è stato modificato mediante una nuova discussione da Sir G. H. Darwin (Discorso presidenziale Sezione A., Brit. Assoc., 1886).

alla temperatura ed alla apparente distribuzione di temperatura sotterranea che esista oggidì. La risposta alla quistione dipende dalla conducibilità e dai punti di fusibilità delle roccie. I primi calcoli di Lord Kelvin addussero a periodi compresi tra 20 e 400 milioni di anni; ma posteriormente, com'egli avea potuto ottenere nozioni degne di maggior fiducia, riguardanti i punti di fusione e la conduzione, il di lui estimo del tempo decrebbe, finchè all'ultimo (1889) egli dichiarò che l'età della Terra stava tra i 20 ed i 40 milioni di anni, ed osservò ancora che la cifra esatta doveva essere assai prossima ai 20 milioni.

Contro questa conclusione i geologi ed i biologi lottarono per qualche tempo piuttosto senza aiuto a dispetto della storica ma speciosa replica di Huxley ai calcoli matematici. Sir Archibald Geikie il quale fu tra i primi ad ammettere la convenienza di restringere le richieste dei geologi circa a stravaganti periodi di tempo — 30.000.000.000 di anni fu un estimo preteso una volta da una scuola di geologi — ciò non ostante non poteva ammettere come una base del tempo richiesto per l'accumulazione dei noti sedimenti del globo, un periodo minore di 100 milioni di anni. Sollas (1) presumendo che i sedimenti fossero stati depositati in un tempo molto più breve di quanto aveva supposto Geikie, giunge a 26 milioni di anni, quale età della Terra, il che concorda assai bene coll'estimo di Lord Kelvin; ma degli altri metodi di computo, tali come l'accertamento della quantità di sodio disciolto negli oceani, ed il trovare quanti milioni di anni essa richiederebbe per giungervi dalle terre, danno dei valori più alti; ed è stato detto che, generalmente,

(1) Discorso alla Sezione C., Brit. Assoc., 1900, pag. 12 di ristampa. Vedere pure discorso alla Geol. Soc. « Q. J. G. S. » Vol. LXV, 1909.

i geologi richiedono 100 milioni di anni, quale periodo limite entro a cui la faccia della Terra avrebbe potuto pervenire nelle condizioni presenti. Si vedrà quindi che il prolungamento degli anni suoi, che le proprietà riscaldanti del radio possono aver effettuato, è una considerazione di un qualche valore nel riconciliare le teorie. Secondo Rutherford, i geologi possono adesso prendersi tanto tempo, quanto essi ne abbisognano.

Una tale estensione è del massimo valore per quei geologi, i quali, come Geikie, ancora stanno per il gran principio dapprima enunciato da Hutton (1) che « sono le piccole cause, continuate a lungo, le quali sono considerate come determinanti le più grandi variazioni della Terra ». Hutton ebbe poca fede nelle grandi catastrofi e nei cataclismi quali cagioni della potente modellatura della faccia della Terra; l'appropriata intelligenza della geologia deve, secondo quanto egli opinava, essere raggiunta mediante lo studio dei fenomeni che vanno svolgendosi sotto i nostri occhi, e mediante l'applicazione di una considerazione degli effetti loro al passato del pianeta, senza modificazione sostanziale od alterazione del meccanismo loro.

Tuttavia, osserva Geikie, egli non considerò il tempo come una sorta di feticcio scientifico, che servisse a spiegare ogni cosa, e competente nel rendere le cause le più vani capaci di effettuare e compiere le più grandi cose. « Rispetto agli effetti del tempo », egli diceva, « sebbene la continuazione del tempo possa operar molto in queste operazioni che sono estremamente lente, durante le quali, secondo quanto ci è dato osservare, non ci pare abbia luogo variazione alcuna, ed ancora, dove non è nella natura delle cose di produrre il cambiamento in quistione, il corso illimitato del tempo non sarebbe maggiormente efficace che il

(1) « Theory of the Earth », Vol. II, pag. 205.

momento da cui noi misuriamo gli eventi nelle osservazioni nostre ».

Vi è un altro aspetto dell'insegnamento di Hutton, sul quale Geikie (1) ha richiamata l'attenzione. Per quanto a lungo egli ha potuto tener dietro alla successione di eventi registrati sulla crosta del globo, egli ha ben conosciuto che dietro alle età, ed oltre ad esse, ricordate dalla più antica delle roccie primitive, deve essersi esteso un vasto spazio di tempo, ancor anteriore, del quale nessun ricordo è stato sottoposto alla nostra visione. Le più antiche roccie che possono essere raggiunte sono evidentissimamente non affatto le prime formate. Esse furono precedute da altre che noi sappiamo devono aver esistito, sebbene non possa rimanere vestigia alcuna di esse. Hutton non ha fatto il tentativo di congetturare oltre i limiti di ciò che era per lui evidente. « Io non pretendo », egli disse, « di descrivere i principii delle cose: io prendo le cose come io le trovo al presente, e di là muovo col ragionamento verso ciò che esse devono essere state ». Invano egli poteva ricercare, persino tra le più antiche formazioni, alcuni segni dell'infanzia del pianeta. Egli potè soltanto mettere in luce una serie ripetuta di rivoluzioni simili, la più antica delle quali non era certamente la prima nella storia del pianeta, ed egli concluse « come risultato di questa inchiesta fisica, che noi non troviamo vestigio alcuno di un principio e neppure prospettiva alcuna di una fine ».

Clima della Terra primitiva.

La prima delle cose a cui è saggio applicare la filosofia di Hutton è quella del clima del pianeta.

Lo stato della mente che è incline a pensare che

---

(1) Discorso presidenziale alla Sezione Geologica, British Association, Dover, 1899.

il clima debba sempre andar mutando, trova la sua espressione popolare nelle frasi « inverno secondo la moda antica » ed « estate secondo le antiche consuetudini », dalle quali noi potremmo inconsideratamente dedurre che l'estate e l'inverno hanno variato perchè noi non siamo tanto alla moda antica quanto lo erano gli avoli nostri. Ora, può essere dimostrato che, sebbene il compianto Carlo Dickens abbia goduto alcuni pochi Natali nevosi nella sua fanciullezza, tuttavia durante la più gran parte della di lui vita essi esistettero solo nelle di lui novelle; e qualche esame dei diari, o di altri ricordi nel quindicesimo, diciasettesimo o diciottesimo secolo fa palese che il clima dell' Inghilterra è rimasto inalterato per parecchie centinaia di anni. Il prof. Cleveland Abbe asserisce che non vi è nessuna evidenza che il clima di una qualche porzione del globo sia stato alterato materialmente negli ultimi duemila anni. Vi è bensì ugualmente una indiscutibile evidenza per mostrare che vi sono stati dei cambiamenti nel clima del pianeta, e nella sua distribuzione: ma la testimonianza fornita dall'erosione della costa, o dal ritiro dei ghiacciai della Svizzera è ingannatrice. L'erosione della linea costiera è spesse volte puramente locale; l'avanzarsi od il retrocedere dei ghiacciai è oscillatorio, com'è stato dimostrato, entro periodi relativamente brevi, e dipende da un seguito di inverni umidi o secchi; mentre alcuni effetti, tali come la cessazione della coltivazione della vite nel Belgio, ed in altre parti dell'Europa, sono stati di per loro stessi spiegati nell'esaminarli, per effetti dovuti, non già al clima, ma a cause economiche. La massima parte di questi cosidetti cambiamenti di climi sembra confermare l'opinione che ogni cambiamento sia sempre stato affatto eccessivamente lento; ed esso deve essere attribuito a quelle cause mondiali, indefinite ma irresistibili, le quali, accumulandosi forse per

intieri milioni di anni, hanno alterato le forme e le configurazioni degli oceani e dei continenti.

Neppure ha da essere presunto affrettatamente che il clima nelle passate epoche fosse più violento di quanto sia adesso. Nello sforzo di riconciliare la tarda deposizione delle roccie con l'estimazione diminuita del tempo, entro al quale esse avrebbero potuto essere depositate, furono messi innanzi plausibilmente dei suggerimenti, che tutte le sorta di azioni geologiche fossero più vigorose e più rapide di quanto esse lo siano oggidì, che i vulcani fossero più giganteschi, i terremoti più frequenti, le maree e le onde più potenti, le tempeste e le pioggie più persistenti. Può darsi che le cose siano andate così; ma le roccie a noi non ne forniscono evidenza alcuna. « Per quanto gli effetti della denudazione ci permettono di giudicare », dice Geikie, « gli ultimi sollevamenti di montagne, furono almeno altrettanto stupendi di quelli di data anteriore (1). Essi sembrano invece essere stati persino più giganteschi. E vi ha luogo al dubbio, per esempio, se tra le vestigia che rimangono delle catene di montagne Mesozoiche o Paleozoiche possa esservene trovata qualcuna così colossale quanto quelle dei tempi Terziari come le Alpi. Nessun straripamento vulcanico dei più antichi periodi geologici può sostenere il confronto, per estensione e per volume, con quelli del Terziario o di data recente..... Noi andiamo ricercando l'evidenza di una violenza maggiore tra le roccie stratificate.

Tra le più antichissime formazioni di queste isole (2), l'arenaria di Torridon, al Nord Ovest della Scozia, ci presenta un quadro di sedimentazione continuata a lungo, tale come può essere veduta progrediente adesso

(1) Brit. Assoc. Dover, 1899.

(2) Intendi: le isole Britanniche. *(Nota del Traduttore).*

attorno alle spiaggie di più d'un lago cinto da montagne. In quel deposito venerabile i ciottoli racchiusi... sono stati dolcemente depositati l'uno sopra all'altro, strato sopra strato, con sabbia fine stacciata tra di esse... e così tranquille erano le acque, che le loro dolci correnti e le oscillazioni hanno bastato per rendere increspato il suolo di sabbia..... ». Persino nel più antico dei registri sedimentarî della storia della Terra, non vi è l'evidenza di correnti colossali, di maree, di denudazioni. Ma vi è la prova indiscutibile di una deposizione continua e metodica, tale come può essere verificata oggidì in qualsiasi parte del globo.

Quindi, se i ricordi che possono essere esaminati non concedono evidenza di una qualche grande differenza nei fenomeni fisici che hanno dato la forma al pianeta, qualsiasi teoria, che supponga un altro stato di cose nei tempi anteriori a quelli durante i quali furono depositati i sedimenti, ora a noi accessibili, dovrà essere accolta con riserva. Si può dire soltanto nel presentare queste teorie che, quanto maggiore fu il periodo di tempo che noi supponiamo essere trascorso dacchè il pianeta divenne una sfera raffreddantesi, tanto maggiore deve essere stato l'aggregato della denudazione, e tanto minore ha da essere la possibilità che le più antiche roccie, o sedimenti, debbano aver sopravvissuto in quantità sufficiente per identificarli o per riconoscerli. Qualunque possa essere stato il metodo di formazione del pianeta, esso deve aver avuto un principio, ed è ragionevole supporre che nei più antichi stadi del suo sviluppo le condizioni non fossero le stesse come oggidì. Questo è specialmente il caso rispetto al clima; poichè qualunque sia l'ipotesi adottata circa al modo con il quale un'atmosfera sia divenuta attaccata al pianeta, quell'atmosfera deve aver variato per composizione e per

estensione durante l'intiera storia planetaria; osservazione questa che si applica pure alle acque del pianeta, e probabilmente alla temperatura di quella e di queste. Dei segni evidenti di variazioni locali di climi dovute a queste od altre condizioni, si trovano per ogni dove. Le spedizioni verso il Polo Antartico hanno scoperto delle conifere fossili, e mentre non si può ritenere che questo dimostri che il clima del Polo Sud sia mai stato caldo quanto quello della Nuova Zelanda, questo certamente indica un periodo, durante il quale le condizioni di vegetazione erano differenti da quelle ora prevalenti colà. Si può giustificare, senza estendere troppo lontanamente la probabilità, il dire la stessa cosa dell'area del Polo Nord; e, d'altra parte vi sono testimonianze abbondanti dal fatto che numerose volte nella storia della Terra, il ghiaccio e la neve si sono estese verso Sud dal Polo Nord, assai più lontano che non presentemente. La grande « epoca glaciale » che è stato un campo di guerra per tante teorie si è risolta in un certo numero di età del ghiaccio; e le aree che il ghiaccio ha ricoperto in ciascuna età sono ben lungi dall'essere determinate con precisione: ma vi sono delle prove evidenti del ghiaccio a periodi varii, in ciascuna regione, che noi denominiamo temperata ed in molte che sono denominate oggidì sub-tropicali.

Periodi glaciali.

Nell'Europa vi furono dei grandi ghiacciai che hanno invaso le pianure della Francia e del Nord dell'Italia: una successione di grandi strati di ghiaccio ha sommerso i bassi pianori della Rumenia, della Danimarca, del Belgio, dell'Olanda, della Germania e della Gran Bretagna. I Pirenei, gli Apennini, i Carpazii, i Balcani, i monti Urali, persino i monti della Corsica,

tutti hanno avuto i loro strati di ghiaccio e dei ghiacciai. Pressochè una metà del Nord America è stata sepolta sotto al ghiaccio; sebbene in uno dei periodi glaciali non sia stata l'intiera metà settentrionale ad essere invasa, ma la metà Nord Est; e sebbene siano state sepolte le pianure piuttosto che le montagne. L'Alaska era in parte libero da ghiaccio, eccettochè nelle montagne in quell'epoca, in cui vi era meno ghiaccio nelle pianure dell'ovest di quanto ve ne fosse nella valle del Mississipì, mentre la maggior parte dei quattro milioni di miglia quadrate del campo di ghiaccio stava nelle pianure del Canadà e nella valle superiore del Mississipì. Il Missouri e l'Ohio abbracciavano, come due grandi braccia, il limite del campo di ghiaccio a cui essi devono l'origine loro.

Nell'Asia, dei campi di ghiaccio di gran lunga maggiori di ogni altro ora esistente, si stendevano dalle più alte montagne e dal Libano al « Caucaso gelato ». Dall'Imalaja alla Siberia ed alla China, e le terre adiacenti all'Oceano Indiano, in un periodo poco dopo l'epoca carbonifera, ebbero a patire una visita glaciale simile a quella dei tempi geologici recenti nel Canadà. Nell'Australia il carbone sembra essere immerso in giacimenti di detriti di ghiacciai. Nella Patagonia e nella Nuova Zelanda i ghiacciai strisciarono appiè delle montagne e copersero le pianure. I ghiacciai formarono dei tratti montagnosi della Tasmania e dell'Australia.

Il ghiaccio e la neve hanno in breve segnate le traccie della presenza loro in parti del globo dove nessuna teoria del clima, quale ora ci è nota, spiegherebbe la loro esistenza.

Quella che suole essere denominata « La grande epoca glaciale », e che si ritenne essere esistita relativamente tardi nella storia delle roccie, ne ebbe una precedente, o varie precedenti, milioni di anni prima,

nell'era del terreno Permiano. Quindi qualsiasi teoria che volesse spiegare le epoche posteriori di agghiacciamento dovrebbe adattarsi, più o meno, ai primitivi periodi. Parecchie teorie sono state proposte, ma nessuna sembra di significato più grande di quella che fu dovuta a Lyell, il quale pretese che dei cambiamenti geografici nella distribuzione del mare e della terra sarebbero sufficienti da loro stessi per produrre i fenomeni di un periodo glaciale. Una grande area continentale al Polo Nord, per esempio, produrrebbe delle condizioni di clima molto più fredde in tutte le regioni che ora sono chiamate le zone temperate settentrionali. Lyell stimava che se le terre fossero ammassate verso le latitudini equatoriali o tropicali, il clima risultante del globo sarebbe tale che delle condizioni di fertilità caratterizzebbero le regioni polari.

Il terreno riscaldato all'eccesso darebbe origine a correnti calde di aria, le quali sarebbero rapidamente trasportate a Sud ed a Nord verso i poli. D'altra parte, ove le terre fossero raggruppate intorno ai poli si produrrebbero le condizioni inverse; perchè con nessuna terra all'equatore per assorbire il calore del Sole e per dare origine a venti caldi, i climi dei poli diverrebbero più rigidi e la neve ed il ghiaccio si inoltrerebbero più lontano verso l'equatore. La proposizione di Lyell è illustrata dall'attuale distribuzione di calore e di freddo sulla superficie della Terra. Le più basse temperature invernali si verificano non già nella regione polare artica, ma in una grande elisse situata nella Siberia Settentrionale. Similmente le più alte temperature non sono simmetricamente distribuite tutto lungo la linea dell'equatore, ma si trovano in speciali località su grandi aree continentali. Una grande estensione di terra accumula ed intensifica degli estremi di temperatura; la vicinanza di un mare che per temperatura nè sale al disopra, nè s'abbassa al disotto di certi

livelli, modifica questi estremi. Si potrebbe forse dire che la prossimità al polo è l'orditura, e l' area della terra è la trama delle temperature minime. S'accresca l'area delle terre dell'emisfero settentrionale ed esso diverrà più freddo. S'accresca l'area dell'oceano dell'emisfero sud ed esso diverrà più caldo. Attraverso a tutta la storia geologica ricordata vi sono state delle fluttuazioni di terre e di mari. Può essere che ciascuna ed ognuna epoca glaciale nell'uno o nell'altro emisfero abbia da essere riferita ad alcune fluttuazioni. Le cagioni di queste fluttuazioni non sono conosciute; esse possono essere alterazioni nella superficie planetaria dovute agli sforzi della sfera per raggiungere una condizione di stabilità interna. Esse possono essere sollevamenti di strati, che non avvengono una volta nè in un anno nè in diecimila anni, ma che vanno progredendo lentamente per più diecine di migliaia d'anni.

Teoria di Croll.

Le spiegazioni che Lyell tentò di dare furono respinte come insufficienti dai geologi che vennero dopo di lui (1): e James Geikie preferì di tener per la teoria, allora nuova, del dott. James Croll (2). La teoria di Croll era che i periodi glaciali, oppure, com'egli preferiva di definire ciò, i cambiamenti di clima nel periodo

---

(1) « Io mi sono ingegnato di mostrare riguardo quest'ipotesi di movimenti della Terra, che non sta per sorgere nessuna evidenza atta a provare, in modo da render ciò probabile, che le elevazioni estese che si richiedono abbiano giammai avuto luogo, e che persino se noi supponiamo che esse siano successe, esse ancora verrebbero meno allo scopo di spiegare i fenomeni involti ». Dott. James Geikie, « The Great Ice Age », 1894.

(2) « Climate and Time in their Geological Relations: a Theory of Secular Changes of the Earth's Climate », by James Croll, (1890). Vedere pure « Climate and Cosmology » (1889), e la « Cause of the Ice Age », di Sir Robert Ball (1893).

glaciale, risultavano dall'influenza combinata dell'inclinazione, gradatamente variante, dell'asse della Terra e del percorso, gradatamente variante, della Terra attorno al Sole. Il percorso della Terra attorno al Sole non è un circolo perfetto, ma è un'elisse: e questa elisse talvolta s'approssima più da vicino ad un circolo, talvolta diventa un'elisse maggiormente allungata.

Tanto l'inclinazione dell'asse della Terra, quanto lo schiacciamento e l'arrotondamento del percorso della Terra attorno al Sole, variano secondo certi cicli; vale a dire, vi sarà un periodo di circa 26.000 anni, a partire d'oggidì, dopo il quale l'inclinazione dell'asse sarà esattamente la stessa come ora essa è, benchè essa avrà errato considerevolmente in un cono, tra adesso ed allora. E similmente vi sarà un periodo di forse 50.000 anni, a far tempo da oggi, dopo il quale il percorso della Terra attorno al Sole avrà all'incirca lo stesso grado di curvatura elittica, quale presentemente ha, sebbene esso abbia a scostarsi considerevolmente dalla sua forma nel frattempo. Il tempo impiegato nel compiere il giro attorno all'elisse è sempre il medesimo: ma il pianeta non corre sempre colla stessa andatura.

L'argomento di Croll era che se la Terra fosse andata viaggiando attorno al Sole nella forma la più appiattita del suo quasi elittico percorso e che l'inverno dell'emisfero del Sud avesse avuto luogo mentre la Terra era nel punto più lontano dal Sole, allora l'attuale frigido e lungo inverno dell'emisfero australe sarebbe diventato ancor più lungo ed il freddo maggiormente intenso. Se d'altra parte l'inverno nordico (che ora ha luogo quando la Terra è nel punto del percorso il più prossimo al Sole) avesse luogo, per causa della variazione d'inclinazione dell'asse della Terra, quando la Terra fosse nel punto più lontano dal Sole, allora l'inverno nordico sarebbe allungato

in proporzione, ed il suo freddo sarebbe molto più intenso.

James Geikie ci fa osservare che la maggior prossimità di un emisfero al Sole durante l'estate non gioverebbe per liberarlo dagli effetti del suo inverno a lungo diacciato, sebbene in un periodo di grande eccentricità il calore diretto ricevuto dal Sole potesse essere molto maggiore. Sebbene i raggi del Sole nella Groenlandia settentrionale facciano liquefare il catrame nelle connessure dei bastimenti, le estati vi sono estremamente fredde. In ragione di questo si è che non vi è radiazione di calore dal suolo coperto di ghiaccio, il quale assorbe il calore che riceve. Così in uno dei periodi glaciali di Croll le estati sarebbero fredde, e sebbene vi potesse essere un aumento di evaporazione, il risultato di questa sarebbe la produzione di nebbie, che servirebbero soltanto ad arrestare maggiormente i raggi solari. Persino la pioggia estiva sarebbe senza effetto per toglier via la neve ed il ghiaccio del lungo inverno. Noi possiamo difatti riepilogare l'ipotesi di Croll col dire che secondo i di lui argomenti, i periodi glaciali furono il risultato di qualche migliaia d'anni di lunghi inverni e di estati brevi nell'uno o nell'altro emisfero. Il lungo inverno era prodotto nell'uno o nell'altro degli emisferi, quando l'inverno di quell'emisfero avveniva mentre la Terra era nella direzione la più lontana dal Sole della sua orbita eccentrica, ed andava viaggiando su quella porzione del suo percorso con siffatta velocità che l'inverno di quell'emisfero ne risultava più lungo di circa un mese di quello medio. Nell'altro emisfero, sotto le stesse condizioni, l'estate era all'incirca un mese più lungo, l'inverno più mite e più corto, ed il clima ne risultava all'incirca favorevole come quello d'una primavera d'Inghilterra.

Sarà evidente, dopo queste considerazioni, che una epoca glaciale non potrebbe essere esistita in entrambi

gli emisferi nel medesimo tempo. Mentre uno sottostava ad un periodo glaciale, l'altro avrebbe avuto un periodo interglaciale. La natura artificiale di questa ipotesi si dimostra evidente dalla precedente esposizione di essa. Troppo poco si conosce delle epoche glaciali variabili per porci in grado di stabilire questa presunzione, la quale, se provata essere fallace, toglierebbe ogni valore alla teoria; e qualche dubbio su di essa è gettato dal fatto incontrastato che gli epicentri di parecchie aree di congelazione non furono polari. In alcuni casi il congelamento nell'emisfero settentrionale si estese *sino al* Polo Nord. Così vi fu un epicentro di congelazione nella Norvegia ed un altro in Scozia; vi furono parecchie aree consimili coi loro centri nel Labrador (54° Lat. N.); nella Baia di Hudson (62° lat. N.) e partendo dalle Cordigliere sulla costa del Pacifico ad un punto situato a circa 58° lat. N. Sullo stesso Equatore il Kilimangiaro ed il Ruwenzori furono una volta molto più diacciati di quanto ora lo sono. Non è facile di scorgere in qual modo si possa adattare una teoria di freddo prodotto da eccentricità orbitale, alle montagne che stanno a metà strada tra i due emisferi.

Agghiacciamento su Marte.

Il Prof. Lowell di Flagstaff, ha attaccato l'ipotesi di Croll da un altro punto di vista. Accade, egli ci fa osservare (1), che le condizioni astronomiche che influirono sulla terra parecchie migliaia d'anni fa siano in corso di azione presentemente su Marte. L'orbita di Marte è tale che la sua attuale eccentricità è maggiore di quanta ne abbia giammai avuta la Terra; e la metà dell'inverno del suo emisfero australe avviene

(1) « Lectures before Massachusetts Institutes of Technology » Ristampato nell'opera: « Evolution of Worlds » (Macmillan), 1910.

quando il pianeta è pressochè al suo punto più lontano dal Sole. Queste allora, sono le condizioni per un periodo glaciale nella regione Antartica di Marte. Noi ci aspetteremmo di trovare una calotta polare australe che dovrebbe essere non solamente più grande in inverno di quella del polo settentrionale nel *suo* inverno, ma che non dovrebbe mostrare una quantità uguale di diminuzione sotto l'influenza dell'estate. Ma Lowell dimostra per mezzo di mappe delle calotte polari Marziane che è ben lungi da esservi un tal caso. La calotta australe supera quella che le fa riscontro al polo boreale nell'inverno, come ci si aspetterebbe che facesse, e vi è un'estensione di gran lunga maggiore di neve o di brine gelate Antartiche che non nelle regioni Artiche. Ma ben lungi dall'oltrepassare i campi nordici di ghiaccio nell'estate, come dovrebbe accadere per produrre una congelazione permanente, essa svanisce entro termini cotanto prossimi a quelli della sua compagna, che nell'ultima occasione, in cui potè essere ben osservata, la calotta Sud sparì completamente, quantunque altrettanto non facesse quella Nord. « La corta, calda estate, allora, di gran lunga ha superato per capacità di fondere, quella di un estate più lunga, ma più fredda ». Le vedute di Lowell sono condivise da Camillo Flammarion — « la teoria della variazione secolare dei climi terrestri cagionata dall'eccentrità dell'orbita della Terra, che fu proposta da Adhemar e che fu svolta su altro terreno da Croll, non è confermata da un esame di Marte ».

Un'obbiezione proveniente dalle illustrazioni desunte da Marte, e dai paragoni con Marte, si è che le condizioni di nevicate o di pioggia, o di deposizione di brina candida su Marte presentemente, sono intieramente differenti da ogni altra che siasi subita nella storia geologica del nostro proprio pianeta. La temperatura

di Marte è argomento di discussione, e così pure lo sono le proprietà di ritenere calore della sua atmosfera. Lowell è disposto a valutare tutte queste condizioni ad un più alto estimo che gli altri osservatori di Marte; ed egli rigetta la proposizione messa innanzi da alcuni teorici, che ciò che si vede delle calotte polari di Marte, sia neve di acido carbonico piuttosto che vapori acquei congelati. Egli accenna ad una larga zona azzurra intorno alla discioglientesi calotta polare di Marte, durante la primavera, come una prova che vi è del ghiaccio o della neve liquefacentesi, e non acido carbonico solido, il quale mutasi direttamente dallo stato solido a quello gazoso senza passare per uno stato liquido intermedio. Egli ha altresì confermata la presenza di umidità su Marte mediante la dimostrazione evidente dello spettro. Nello stesso tempo, come ci fa osservare uno dei di lui critici, Mr. E. W. Maunder (1), dell'osservatorio di Greenwich, le calotte polari su Marte diminuiscono con una rapidità e sino ad un grado oltremodo in eccesso relativamente a quanto avviene di analogo nelle corrispondenti calotte polari della Terra. La spiegazione può ritrovarsi parzialmente nella lunghezza dell'estate di Marte, ed in parte nella piccola quantità di umidità sul pianeta, e quindi nella sottigliezza del deposito polare, ma principalmente consiste nella prontezza colla quale la neve appena fusa si convertirebbe in vapore, che viene trasportato verso l'Equatore.

Tuttavia Lowell non si limita ad una critica dissolvente. Egli offre una soluzione del problema glaciale, la quale si è che la preponderanza di ghiaccio e di neve fosse dovuta non già a variazioni di durata dell'inverno e dell'estate, ma alla caduta di una maggior quantità di neve. «La quantità di neve che può

(1) « Knowledge », Marzo, 1910.

smaltire un'estate di una data lunghezza e di un dato calore, è, parlando all'ingrosso, una quantità definita. In tal caso se la caduta della neve durante l'inverno è per una qualche ragione accresciuta giornalmente in entrambi gli emisferi, verrà il giorno in cui lo strato di neve dovuto ad un inverno più lungo di uno degli emisferi, eccederà ciò che il suo estate può far fondere relativamente a ciò che può sull'altro emisfero; ed una congelazione permanente risulterà sull'emisfero che si sarà trovato in tali circostanze. Quindi la causa vera di un'Epoca glaciale, è la precipitazione di neve, e non l'eccentricità dell'orbita».

Ma quali sono le cause che produrranno aumento nella caduta di neve o di pioggia?

Lowell descrive la Terra come circondata dapprima da una coperta di nuvole. «Le nuvole lascierebbero penetrare poco calore solare, ma esse impedirebbero l'irradiazione sua, cosicchè al principio della storia del mondo il clima era molto più uniforme, ed esso potrebbe essere descritto come una continua rotazione oscura di pioggia. Ma quando la temperatura dei mari cominciò a diminuire, le nuvole principiarono a diradarsi. Apparvero altresì delle variazioni nel clima; l'evaporazione procedette con molta minor rapidità, ma vi era tuttora una grande quantità di precipitazione di umidità, neve d'inverno, pioggia nell'estate; e questo, unitamente all'elevazione di aree di terre produsse delle epoche glaciali».

La soluzione del problema è ben lungi dall' essere altrettanto semplice come questa, sebbene la geologia sia debitrice al prof. Lowell per la di lui illustrazione tratta da Marte di un difetto nell'argomento di Croll.

Tuttavia se noi fossimo per adottare l' ipotesi costruttiva di Lowell, noi avremmo da dipingere la Terra come ridestantesi all'esistenza di un Sole brillante solo dopo il tempo in cui le felci arboree delle età carbo-

nifere fossero deposte a terra. Sino ad allora la Terra era avvolta in profonda oscurità o semi-oscurità, ed «il clima era caldo ed uniforme sull'intiero globo perchè uno spesso involucro di nuvole intercettava i raggi del Sole, il calore essendo intieramente fornito dai mari che emettevano dei vapori». Ma nelle roccie Cambriane si sono trovate le traccie evidenti del congelamento, e quelle furono deposte a delle epoche anteriori assai all'apparire delle foreste e delle paludi carbonifere. Gli stessi strati carboniferi sono interposti dimostrando l'evidenza delle epoche glaciali. Dopo il periodo Carbonifero venne il periodo Permiano; e questo periodo non presenta semplicemente delle reliquie delle «epoche glaciali» vastamente diffuse, ma esso dimostra che porzioni del globo erano soggette alla massima aridità; che deserti anche più cospicui di ogni deserto conosciuto si estendevano sopra grandi aree del pianeta.

Ai periodi glaciali dell'epoca Permiana tengono dietro altre successioni di strati, che indicano grande spazio di tempo, probabilmente di milioni d'anni prima dell'avvento del periodo Pleistocenico e di quelle grandi età del ghiaccio i di cui segni attirarono l'attenzione dei geologi all'evidenza di un agghiacciamento immemorabile. Da coteste evidenze noi dobbiamo trarre la conclusione che, mentre il clima del globo è una cosa che deve essere stata il prodotto dell'evoluzione, e che veramente deve andare tuttora mutandosi (sebbene l'evidenza del cambiamento sia impercettibile), tuttavia il ricordo della sua progressiva variazione non è stampata sulle roccie nè col fuoco nè col gelo. Vi sono stati dei periodi glaciali separati da milioni di anni di tempo. Vi sono stati dei periodi durante i quali delle aree di deserto furono ben distinte come esse lo sono oggidì. Non vi è nessuna evidenza di un'aridità in aumento sul globo; e la teoria che il

globo una volta fosse soggetto ad una caduta di pioggia di molto superiore alla presente, e che questa vada anche adesso progressivamente diminuendo, è una teoria che non è con certezza fondata sulla deduzione.

L'epoca glaciale Permiana.

Vi sono delle reliquie di agghiacciamento, come noi abbiamo detto, tra i più primitivi degli strati di sedimento (Terreno Cambriano in Norvegia e nella China), ma l'agghiacciamento del periodo Permiano che porta la prima grande divisione geologica delle roccie, cioè il Paleozoico, per dirla più precisamente, è quello che fornisce il più imbarazzante dei problemi climatici. Il periodo Permiano fu altresì notevole per un considerevole cambiamento di contorni geografici, e per le grandi ripiegature della crosta della Terra. Egli è difficile di evitare la supposizione che a quell'epoca vi fosse una grande diminuzione dell'area occupata dagli oceani, ed un grande sollevamento di terre continentali, accompagnato da grande sprofondamento dei letti degli oceani. Egli è possibile di supporre che anteriormente al periodo Permiano il globo fosse stato ricoperto da un'atmosfera umida di nuvole, e che i mari fossero caldi. Tali condizioni si sarebbero adattate molto bene colla formazione dei vasti depositi vegetali dell'epoca Carbonifera, sebbene, come osserva Eliot Blackwelder (1): « Noi possiamo difficilmente conciliare coll'ipotesi di un'atmosfera perpetuamente umida e nuvolosa, l'esistenza di deserti nell' India durante il periodo Cambriano, gli altri a New-York durante quello Siluriano, nel Michigan e nella Nuova Brunswick durante il Carbonifero e nella Germania durante il periodo Permiano. È tuttavia esagerata la

(1) « Science », Aprile, 1909, pag. 660.

testimonianza delle roccie, che esse abbiano esistito in quei tempi e luoghi ».

Emerge sempre più la chiara evidenza che, mentre noi possiamo immaginare che il clima della Terra sia stato soggetto ad un cambiamento graduale, e mentre i ricordi delle roccie non ci lasciano in dubbio che le condizioni ad ogni punto sulla superficie della Terra siano state soggette a variazioni di climi almeno grandi altrettanto quanto quelle dei livelli, tuttavia nessuna teoria di calore scemante, di scemante nuvolosità, di aumento o di diminuzione della superficie degli oceani, potrebbe corrispondere per tutti i casi. Noi possiamo credere, anzi realmente noi siamo altrettanto certi che i climi dell'Europa, dell'Asia, e dell'America hanno mutato, quanto che le aree loro siano state successivamente sommerse al disotto delle acque degli oceani e sottoposte all'usurpazione del deserto. Ma le roccie per quanto noi possiamo pervenire a scrutare nelle pagine aperte della storia loro, rivelano un cambiamento oscillatorio piuttosto che uno sviluppo progressivo, sia che il cambiamento fosse di clima, o di aggregazione, o di denudazione, o dell'andar sottoposte a rimodellazione vulcanica e tettonica.

Terre, Acque e Clima.

Quel periodo Permiano di cui abbiamo testè parlato, è un periodo decisivo, nella primitiva storia geologica, perchè esso riunisce cotanti problemi e rende necessarie cotante presupposizioni per risolvere quelli. È presunto, ad esempio, che anteriormente al periodo Permiano la Terra sia andata passando attraverso ad uno dei suoi stati di riposo, quando vi erano, ad ogni modo nell'emisfero Nord, poche piegature della superficie, quando i continenti erano piuttosto piatti, ed i climi piuttosto uniformi. Si può supporre

che la Terra, durante questo periodo di calma, sia andata gradatamente accumulando nel suo corpo quegli sforzi che servirono a distruggere la monotona quiescenza, e per rinnovare in essa un periodo di attività che fu altrettanto in realtà quanto figuratamente, vulcanica. Il periodo di aspettativa può aver durato a lungo; il periodo di cambiamento, quando le forze rivoluzionarie alfine ebbero accumulata intensità sufficiente da porlo in movimento, può essere stato ugualmente lungo; ed i cambiamenti possono essere stati non subitanei, ma possono essere andati avanti puramente debolmente finchè gli sforzi non si furono sfogati, e la Terra fu preparata, come Matthew Arnold disse dell'Oriente in incubazione, a ripiombare in meditazione un'altra volta.

Secondariamente, egli è presunto che l'essenza del movimento fosse un restringimento, profondamente situato, della Terra, il quale moto tendeva a turbare l'equilibrio tra oceani e continenti. Questo provocò il corrugamento e innalzamento di montagne; un sollevamento di continenti, uno sprofondarsi degli oceani; un ritrarsi dai continenti di vasti strati di acque; il prosciugamento di 20 a 30 milioni di miglia quadrate (da 50 a 80 milioni di Km. q.) di mari poco profondi. Questo avrebbe materialmente ristretto ed alterato la circolazione delle acque oceaniche; e quest'alterazione avrebbe profondamente modificato il clima di quei tempi. È possibile, anzi, ancor di più, sembra persino verosimile, che nella calma era Carbonifera, i mari fossero caldi, e la circolazione oceanica fosse tale che il polo fosse immerso in acqua che contribuiva a mantenervi una temperatura comparativamente mite. La conservazione di questo calore può essere stata sostenuta da un'atmosfera che riteneva calore, pesante e nuvolosa, e contenente una larga quantità di pesante gaz acido carbonico. Quando la circolazione delle

acque fu interrotta, rimase eliminata una causa della conservazione di un clima comparativamente caldo ed uniforme nelle parti settentrionali.

Si manifestarono eziandio altre conseguenze dell'alterazione del mare e delle terre. Come le superfici dei bassi fondi marini furono esposte, l'atmosfera cominciò ad agire sulle nuove superfici. Noi non siamo costretti di supporre che l'aria, od il mare fossero allora identici per costituzione a quelli che sono adesso, sebbene il fatto delle condizioni dell'addiacciamento nel Cambriano, le evidenze dell'aridità nel Siluriano, e quelle di vita in entrambi, ci vietino di presumere che esse fossero radicalmente differenti. Una presunzione che darà aiuto nello spiegare tanto il clima dello stadio di riposo, quanto dello stadio che tenne dietro a quello, si è che, mentre che nel primo di essi gli oceani cominciarono a perdere il loro acido carbonico ed i loro carbonati, e che l'aria diventò più ricca, tanto di ossigeno, quanto di acido carbonico — nel secondo stadio, ossia in quello di sollevamento degli strati, l'aria cominciò a condividere colle nuove terre, colle quali essa era allora venuta in contatto, il suo acido carbonico ed il suo ossigeno.

Atmosfera e Clima.

Questo non fu già il solo effetto risentito dall'aria. L'interruzione della circolazione dell'acqua e l'accrescimento di terre contribuirono, ciascuno a suo modo, a differenziare il globo in regioni calde e fredde. Sorsero dei venti, ad ogni modo in parte, dovuti al riscaldamento disuguale delle superfici delle terre; ed una circolazione d'aria, maggiormente vigorosa, avrebbe intensificato il clima. Inoltre, come l'umidità dell'atmosfera, seguendo l'acido carbonico e l'ossigeno cominciò a scemare col crescere dell'area delle terre, l'azione

protettrice, simile a quella d'una coltre, del vapore d'acqua nel ritenere il calore, sarebbesi attenuata. L'effetto sarebbe stato più appariscente sopra il terreno che sopra il mare; ed un'altra fonte di differenziazione sarebbe sorta per tal modo.

Ciascheduna delle presunzioni di cui noi abbiamo fatto cenno adduce alla conclusione che quando un periodo di dominazione del terreno tenne dietro ad uno di dominazione dell'oceano sul nostro pianeta, il clima uniforme preservato dagli oceani lasciò il posto agli estremi di clima introdotti e favoriti dalle superfici delle terre.

È possibile che, quando fu perturbato l'equilibrio planetario, o rispetto alla distribuzione sul globo delle terre e del mare, o rispetto alla distribuzione su di esso di caldo e freddo, o nel suo avvicendarsi di costituenti gazosi tra mare e terre — che l'oscillazione non facesse pausa in una qualche condizione di riposo, ma diventasse eccessiva nella direzione opposta; come un pendolo tolto dalla posizione di riposo oscilla oltre quella posizione nella direzione inversa prima che il riposo sia ristabilito. Il Prof. Arrhenius ha suggerito, per esempio, che lo scoppiare di un'attività vulcanica coincidente col sollevamento dei continenti, fornirebbe all'aria grandi provviste di biossido di carbonio.

Tali sono alcune delle spiegazioni del periodo glaciale, e sebbene esse non siano competenti per spiegare gli ulteriori periodi glaciali nella storia geologica, esse suggeriscono alcune delle cause, che possono essere comuni ad entrambi, e che sono, — disturbo della circolazione oceanica nel primo luogo e disturbo della circolazione atmosferica nel secondo. Entrambi questi sono intimamente dipendenti dalla distribuzione delle masse di terre e delle aree di mare. Vi è una disposizione crescente di riferire il tempo meteorologico se non il clima, principalmente alla circolazione atmo-

sferica piuttosto che alla circolazione oceanica. Questo punto di vista non era ignorato da Croll, il quale emise l'opinione che le condizioni che egli aveva descritte potessero cagionare un cambiamento di pochi gradi verso il Sud dei venti del Commercio (venti Alisei) i quali, per conseguenza, altererebbero le direzioni delle correnti dell'oceano equatoriale.

Durante la passata generazione la metereologia ha riconosciuto certe aree permanenti nell'oceano atmosferico, dove una regione ciclonica, oppure anticiclonica, è permanente o semi permanente. Vi sono, ad esempio, delle aree permanenti di pressione barometrica che influenzano la caratteristica di stagione del tempo nell'Antartico o nell'India; e vi sono delle aree semi permanenti nell'Atlantico che hanno la loro influenza persino sulle instabili estati e sugli inverni dell'Europa Occidentale (1).

W. N. Shaw (2) ha dimostrato che vi esiste una connessione tra la velocità dei venti del Commercio in un anno, e la temperatura del Nord dell'Atlantico nell'anno prossimo. Lockyer ha rese evidenti le ragioni per credere all'esistenza di una sorta di altalena nelle letture barometriche a punti opposti l'uno all'altro sul globo. Da codeste osservazioni proviene la deduzione attraente, che la configurazione delle terre e del mare possa aver prodotto un tipo di condizioni atmosferiche tale che vi fossero delle aree cicloniche permanenti all'estremo Sud, le quali fossero alimentate dai poli con correnti fredde e umide. A questi punti l'umidità era precipitata a temperature sufficientemente basse per promuovere la formazione di neve e di ghiaccio; e la continuazione di simili cause ed

(1) Archibald Douglas, Memoria letta alla Sezione A, British Association, sui « Weather Types » (Clifton, 1898).

(2) Discorso del Presidente, Sezione A, British Association (1908).

effetti, addizionate ad altre che noi abbiamo di già indicato, può aver condotto all'addiacciamento.

Variazioni nel calore del Sole.

Queste ipotesi esauriscono quasi le spiegazioni offerte, sebbene sia stata messa innanzi l'idea che le ere glaciali potessero essere state causate da variazioni nel calore del Sole. Il Dott. C. G. Abbot (1) ha dimostrato che vi è una variazione, la quale ammonta a tanto come il 5 per cento del calore ricevuto dal Sole: ma, naturalmente, non è possibile alcuna prova che vi fossero intermittenze o diminuzioni del calore del Sole, le quali si estendessero per la durata di diecine di migliaia d'anni, quante ne perdurarono le epoche glaciali.

In somma, si può dire che la teoria è proclive ad attribuire il clima ad alterazioni nella distribuzione del mare e delle terre; e che queste alterazioni possono essere riferibili agli sforzi del globo, situati in profonda sede, per raggiungere l'equilibrio; o, in un grado minore, all'ammontare variante dei bacini oceanici e delle masse di terra.

Una grande alterazione nelle aree relative di terre e di mare altererebbe la costituzione tanto del mare come dell'aria, coll'influenzare il ricambio di gaz tra quelli. Vi sarebbe un'oscillazione delle quantità relative di biossido di carbonio e di ossigeno assorbiti dal mare e dall'atmosfera.

Questa causa, aggiunta alle distribuzioni, rivedute e corrette, delle terre e del mare, addurrebbe alla formazione di nuove correnti tanto nell'oceano quanto nell'atmosfera.

Queste nuove condizioni perturberebbero il clima e

(1) « Astrophysical Journal », Vol. XIV, 1904, pag. 305-21.

tenderebbero alla differenziazione di temperature; forse produrrebbero delle nuove e permanenti aree di pressioni barometriche alte o basse. Queste pressioni, a loro volta, produrrebbero delle condizioni di temperatura semi-permanenti entro le aree stesse od attorno a quelle. Gli addiacciamenti attuali ed eccezionali dell'Alaska o di Groenlandia sono entro aree cicloniche permanenti.

Alcuni, o tutti, di questi effetti essendo protratti in una direzione darebbero origine ad una reazione in una direzione contraria. Per esempio, supponiamo una condizione di equilibrio tra il gaz acido carbonico nell'aria e quello assorbito nell'oceano. Quando l'area del mare cominciò a diminuire, e le terre ad allargarsi, l'aria perdette parte del suo acido carbonico per la combinazione di quest'ultimo colle superfici di fresco esposte ad essa. Ciò, quindi, trasse in su l'oceano. Ma quando il congelamento si stabilì su tutte le terre, le superfici furono ricoperte di ghiaccio, la carburazione delle roccie cessò e l'aria nuovamente divenne carica di un eccesso di gaz acido carbonico. In questo modo essa cominciò ancora una volta ad assumere una maggior capacità di ritener calore; e le condizioni producenti il congelamento sarebbero pertanto divenute modificate.

CAPITOLO XV.

L'influenza della vita.

Strati e successione della vita. - Uniformità della storia geologica. - Persistenza di condizioni. - Periodi di attività geografica e di riposo. - Mutazioni delle specie. - La vita e la fisica della Terra. - Genealogie della vita e degli strati. - Primissime reliquie della vita.

Nella nona edizione dei suoi « Principii di Geologia » (1), Lyell ha osservato che « non è stata ancora scoperta una prova soddisfacente del passaggio graduale della Terra da uno stato caotico ad uno stato con migliori condizioni di abitabilità ». Quest'asserzione estrema della dottrina dell'uniformità trovasi, se presa letteralmente, essere ugualmente veritiera adesso. Vi sono delle apparenti interruzioni nella successione delle roccie, ma queste breccie vengono riempite a mano a mano con ciascuna nuova scoperta; ed egli è da immaginarsi che quando tutta l'intiera faccia della Terra sarà stata esaminata regolarmente e nel fondo fondo, come i geologi hanno esaminati gli strati dell'Europa, possa essere rivelata una genealogia non interrotta delle epoche del mondo, per dimostrare che la storia della Terra ha proseguito un corso uniforme non disturbato da qualche catastrofe mondiale, dopochè i primi strati furono messi giù.

Lyell andò tuttavia più oltre. La grande generalizzazione di Darwin era allora non famigliare, e Lyell

(1) « Principles of Geology », 9a ediz., pag. 146.

sebbene la conoscesse perfettamente, era ancora pronto ad asserire, in continuazione della frase di già citata, « nè..... vi è stata scoperta..... qualche legge che disciplini l'estinguersi ed il rinnovarsi di specie, e che faccia sì che la fauna e la flora passino da uno stato embrionale ad un altro più perfetto, da un'organizzazione semplice ad una più complessa..... ». Questo punto è dove la nuova geologia viene a composizione coll'antica. Vi può essere incertezza circa allo sviluppo ed all'accrescimento della crosta del pianeta, ma noi siamo certi di una legge di progressivo sviluppo nella vita di esso.

Lyell era ben informato, come lo erano prima di lui i geologi, del valore dei resti di piante e di animali negli strati, come un mezzo di determinazione dell'età degli strati. Gli strati che sono i più elevati sono indiscutibilmente posteriori a quelli situati al disotto, se, tanto gli uni quanto gli altri, non stati disturbati; e nei giorni primitivi della geologia è stato trovato che i giacimenti superiori contenevano delle forme organiche, o identiche a quelle oggidì viventi, o molto simili ad esse; mentre i giacimenti più bassi e sempre più profondi contenevano dei fossili che si dipartivano più e più dai tipi viventi. Gli strati quindi erano la prima indicazione che vi era un ordine generale di successione della vita.

La seconda scoperta fu che tale successione della vita era nelle sue caratteristiche principali la stessa per tutti quei continenti in cui furono esaminati gli strati. Vi erano degli animali differenti e delle piante diverse nelle varie parti del mondo, durante le ere passate, dove fu scoperta la vita mediante l'esame delle roccie; appunto come vi sono attualmente ancora delle specie differenti. Vi erano dei cambiamenti e delle migrazioni; e vedendo che ciascun periodo preistorico per tal modo esaminato era di gran lunga più

lungo che il periodo storico di cui abbiamo conoscenza, si rese evidente che in quei periodi l'aumento di date specie in alcune regioni, e la loro estinzione in altre regioni, sarebbe stato più vigorosamente segnato nelle vestigia, di quanto non possa ora risultare da consimili circostanze. L'esaminare accuratamente i ricordi della vita in quei periodi del passato porta a molte altre complicate considerazioni. Ma attraverso a tutte quelle si ritrova un numero sufficiente di caratteristiche comuni per mostrare fuor di dubbio l'ordine di successione della vita. La prima guida, e la principale, per lo studio della ***successione della vita*** fu allora l'ordine in cui gli strati furono messi giù l'uno sull'altro. Questo è uno studio che va tuttora progredendo, e che aggiunge in ogni anno qualche cosa di nuovo alle conoscenze biologiche.

Ma ora che la successione della vita è divenuta un assioma, ed il progressivo sviluppo delle specie è divenuto una verità evidente, lo studio delle forme della vita restituisce allo studio degli strati qualche cosa di ciò che esso deve a questo; cosicchè ora, se un geologo dovesse ricercare di determinare positivamente il periodo al quale appartennero degli strati deformati o spostati, egli si riferirebbe ai fossili degli strati per evidenza e per informazione.

« Mentre la stratigrafia trovavasi per tal modo nei suoi primordi », osservano Chamberlin e Salisbury (1), « ad essere la principale e più fiduciosa autorità nel determinare l'ordine degli eventi, e la biologia era quella che più ci guadagnava; alla fine la stratigrafia ricevette un ampio compenso, se pur non ne ebbe essa il maggior beneficio; poichè in nessun posto conosciuto ed accessibile vi è una completa successione di giacimenti sedimentarii. Vi sono grandi serie

(1) « Geology and Earth History », Vol. I.

quà e là, ma le loro connessioni, dell'una coll'altra sono più o meno conciliate dalle formazioni superficiali o da masse d'acqua. Così pure in varie località le serie stratificate sono state interrotte da deformazione, od asportate dall'erosione. Donde si sentiva il bisogno di qualche mezzo degno di fede per ragguagliare i giacimenti di serie separate, e di mettere assieme una serie ideale completa. Questo mezzo si è trovato nelle reliquie fossili che quei giacimenti contengono. Mentre le variazioni e le migrazioni delle forme di vita in regioni diverse offrono alcune difficoltà, le relazioni dei giacimenti ricchi di fossili di una regione con quelli di un'altra possono esser determinate con soddisfazione grande, e spesso pur con grande precisione. Questo avviene particolarmente così quando delle specie abbondanti, o fluttuanti (a seconda delle correnti) oppure liberamente nuotanti, vissero nei mari e furono spontaneamente fossilizzate, poichè esse furono depositate sulle coste di tutti i continenti ed in un tempo praticamente lo stesso e nessuna incertezza derivante dalla migrazione o per differenze locali nella ragione di evoluzione, intervennero per gettar qualche dubbio sopra la correlazione loro ». Senza l'aiuto dei fossili l'impresa di riferire i depositi trovati sopra un continente a quelli che si trovano sopra un altro, per quanto riguarda il tempo, sarebbe così difficile da dover esser ritenuta quasi impossibile.

Uniformità della Storia Geologica.

Per tal modo, cioè per logiche deduzioni, la storia degli strati è la storia della vita su quelli. La storia delle forme di vita è una materia di osservazione. La storia degli strati, indipendentemente dalle forme di vita racchiuse in essi, è spesse volte argomento di

deduzione. Le deduzioni hanno cambiato alquanto dai tempi di Lyell in poi. Sebbene Lyell andasse a rilento nel sostenere la generalizzazione di Darwin, che tutti i cambiamenti nelle specie siano avvenuti dall'accumulazione di differenze minute, egli peraltro aveva stabilito un principio quasi identico nella dottrina dell'uniformità dello sviluppo geologico, — vale a dire, che ogni cambiamento sulla superficie della Terra era prodotto da cause simili a quelle tuttora operanti ai giorni nostri. Questa fu una dottrina vivacemente criticata dai geologi dei suoi tempi, persino da Adamo Sedgwick, l'ultimo degli abili difensori della scuola Catastrofica, il quale osservava: « Sebbene noi non abbiamo ancora trovato le traccie sicure di qualche grande catastrofe diluviana, la quale noi possiamo affermare essere compresa nel periodo dell'uomo, noi abbiamo almeno dimostrato che dei parossismi di energia interna accompagnati da sollevazioni di catene di montagne, e seguiti da potenti ondate, e che desolavano intiere regioni della Terra, facevano parte del meccanismo della natura » (1). L'evoluzione graduale presupposta da Lyell ha fatto abbandonare le catastrofi a cui Sedgwick era così riluttante a rinunciare. Ma le dottrine fisiche delle alterazioni sulla faccia della Terra avevano cambiato nell'ultima generazione, ed ora stanno cambiando. Quella che poteva essere descritta come la teoria dell'uniformità di deboli cambiamenti, è stata allargata coll'idea di un cambiamento ciclico. Essa è molto chiaramente dichiarata in un discorso tenuto dal Prof. Bailey Willis dell'Università di Chicago (2).

---

(1) Citazione fatta da Sir A. Geike nelle conferenze di Rede, « Darwin as Geologist » (Camb. Univ. Press), 1909.

(2) Discorso alla Sezione Geologica, Associazione Americana per il progresso delle Scienze, Boston (1910).

Persistenza di condizioni.

Secondo quest'affermazione di principii:

I bacini degli Oceani sono cavità permanenti nella superficie della Terra, ed hanno occupate le loro posizioni presenti almeno da quel tempo in cui il pianeta acquistò dapprima le caratteristiche geografiche. Tuttavia vi sono stati dei cambiamenti notevoli nelle aree loro e nelle posizioni dei loro margini, dovuti all'usurpazione degli oceani sulle aree continentali (1).

Sulla superficie degli oceani permanenti le correnti principali ed il sistema di circolazione hanno pure persistito sin dai primissimi tempi, e sono simili alle correnti che ora seguono i venti alisei. L'attuale ***circolazione profonda*** degli oceani, che scorre verso il polo più vicino alla superficie, e verso l'Equatore più profonda, è dovuta alla refrigerazione eccezionale al polo.

I grandi movimenti della crosta della Terra sono stati periodici. Da questo punto di vista la storia della Terra si risolve in cicli, e ciascun ciclo in due periodi uno di inattività e l'altro di attività. I periodi di inattività sono stati lunghi, e durante la più gran parte del decorso di alcuno fra simili periodi la condizione di inattività è stata comune all'intiera superficie del globo. Ma i periodi di attività della crosta sono stati relativamente corti e non hanno avuto luogo contemporaneamente su tutta la superficie del globo.

I bacini del grande oceano (per esempio) formano

---

(1) Dev'esser avvertito che Suess nella sua « Face of the Earth » pare non accettare questa proposizione. Egli dice: « Gli alti piedestalli sui quali poggiano i nostri continenti possono essere antichissimi: essi possono persino datare del periodo Mesozoico, ma per il periodo Paleozoico sarebbe impossibile di mantenere la teoria di continenti generalmente persistenti ». Ulteriori ragguagli saranno trovati nel Capitolo XVI.

dei dipartimenti di per loro stessi: e ciascuno di essi ha sopportato periodi di attività della crosta particolari a sè stesso ed alla sua storia individuale. Dei ripiegamenti di montagne e dei rovesciamenti di strati frequentemente sono non contemporanei persino in uno stesso grande segmento di crosta.

L'erosione e la sedimentazione o la separazione chimica delle roccie, o l'evoluzione delle forme di vita, sono state alterate dal primo impeto e dalla durata dei grandi movimenti della crosta. Ma mentre l'erosione, come gli altri processi, può essere stata affrettata o differita, essa è stata però sempre progredendo e sempre ha lasciato la sua impronta. La sedimentazione marina è stata qualche volta incostante. Durante dei periodi di attività della crosta, quando le terre sono state alte e piccoli i bassi fondi, e le correnti dell'oceano sono state confinate entro bacini del profondo oceano, allora vi è stata una grande sedimentazione. Ma nei lunghi periodi di inazione della crosta quando le terre sono state basse, i bassifondi marini usurpando largamente su quelle, e le correnti marine si erano fatto strada per ogni dove, la sedimentazione è venuta meno o per causa di precedente ripulitura delle terre o perchè i sedimenti decrebbero di quantità.

Evidentemente questi modi di vedere richiedono un adattamento delle teorie della progressione della vita. Forse non potrebbesi ingiustamente dire della più antiquata delle teorie geologiche che essa dipinse lo sviluppo tanto della struttura quanto della vita del globo come se avessero luogo con una serie di salti. Vi fu un salto dal periodo in cui le roccie erano ignee e non contenevano (per quella ragione) alcuna traccia di vita, al periodo nel quale colle roccie Cambriane furono trovate abbondanti le prime forme di vita ben definite. Allora vi fu un'interruzione, cagionata da qualche catastrofe non ancora scoperta, nella storia

della Terra; ed il periodo Siluriano principiò e continuò con un'altra serie di forme di vita, di cui alcune furono riferite a quelle antenate del Cambriano, ma alcune, e quest'ultime erano le forme più elevate, erano nuove. Allora vi fu un'altra interruzione: ed un'altra epoca, con altre, e più nuove, e più avanzate forme di vita. Prima di Darwin i geologi erano proclivi ad immaginare che con ciascuna epoca nuova, la vita oppure — diremo noi? — le più nuove e più alte forme di essa, fossero create nuovamente per il nuovo punto di partenza. Colla modificazione di Darwin la teoria divenne di gran lunga più semplice. Ciascuna nuova forma di vita, quantunque essa potesse apparire caratteristica di una qualche epoca, era soltanto la discendente di qualche altra antenata dell'epoca anteriore. I gradi della discendenza sono andati smarriti; gli anelli mancanti sono stati distrutti. Egli è possibile che questo sia avvenuto perchè gli anelli mancanti erano della natura di forme di transizione, e quindi di un carattere più effimero ed in numeri meno largamente diffusi di quanto nol fossero le forme che erano precisamente adatte ai nuovi ambienti circostanti. Forse esistono dessi tuttora allo stato di fossili ma non sono ancor stati scoperti. Infine i fossili sono puramente degli episodi dispersi nella storia della vita, e la loro permanenza spesso non è niente di più che un fortunoso accidente. Darwin ha predetto che col progresso delle ricerche qualcuna delle breccie sarebbe stata colmata. Fu questa un'aspettazione nella quale egli ha nutrito la più tenace fiducia, perchè la teoria di Lyell dell'accrescimento graduale e non interrotto dagli strati ha rimosso la possibilità che l'intera vita di un'epoca, od una grandissima parte di quella, sia stata inghiottita o rimossa da una qualche catastrofe mondiale.

Periodi di attività e di riposo.

Tuttavia se la teoria di Lyell è soltanto parte della verità, e se il globo, senza essere oppresso da una catastrofe, è ciononondimeno soggetto ad alcuni movimenti della crosta così grandi come è di già stato indicato, se esso soffre alterazioni di clima quasi mondiali, e se i periodi della sua attività geografica e del suo riposo sono differenti per durata ed hanno effetti differenti su tali processi, come abbassamento di strati o fabbricazione dei medesimi, in tal caso noi dovremmo aspettarci che i processi della vita o del suo sviluppo apportassero dei cambiamenti. Per esempio — sebbene sia detto esservi parecchi seguaci di Darwin che non sono disposti ad ammettere queste speculazioni — in un periodo di attività geografica o geologica la tendenza da parte di qualche forma di vita di assumere una forma diversa doveva essere accelerata.

In un periodo di riposo geografico la variazione doveva aver luogo con una rapidità differente. Se, per esempio, qualche gruppo di organismi che hanno tra di loro relazioni molto strette, soggiornò per migliaia d'anni nello stesso ambiente, colla stessa nutrizione, colla medesima temperatura, le stesse necessità e gli stessi pericoli, esso non sarebbesi di molto, nè molto rapidamente, alterato. Se d'altra parte esso fece dimora in un periodo in cui il clima o la configurazione di terra e di mare o le direzioni delle correnti dell'oceano andassero alterando il di lui modo di vita, allora esso potrebbe essere costretto ad adattarsi prontamente alle nuove circostanze, od altrimenti perire. Quelli della sua razza che non perissero sarebbero quelli che avrebbero alterate la costituzione e la struttura loro. Oppure nuovamente, un organismo confinato entro limiti comparativamente stretti, come un lago od un'isola, potrebbe rimanere poco inalterato. Ma un organismo

complesso, come un elefante od un cavallo, che godesse libertà in un continente, potrebbe sotto nuove condizioni e clima nuovo rilevare una capacità di variazione e di espansione sino ad allora latente.

Per tal modo se uno comincia coll'ammettere che la teoria di Darwin della variazione sia soltanto quella, e che ogni progresso nelle forme di vita dipenda dal rispondere all'ambiente e dalla selezione di individui che sono, ciascuno, un po' meglio adattati per causa delle condizioni che li circondano di quanto lo siano i loro vicini, ci incontriamo colla probabilità che la variazione non abbia progredito in tutte le epoche ed in tutti i posti colla stessa ragione. Ma il problema diventerà incommensurabilmente complicato se noi supponiamo, con alcuni geologi, come il Dott. A. Smith Woodward (1), o con botanici come il Prof. De Vries (2), e coi Mendeliani come il Prof. Bateson (3), che le modificazioni prodotte dall'ambiente non sono la sola cagione della variazione delle specie.

Mutazioni delle Specie.

Noi dobbiamo contentarci della più superficiale esposizione delle teorie di Mendel, De Vries, e Bateson. Se noi prendessimo un milione di semi di leguminose rosse di una data specie, e li suddividessimo in qualche maniera — secondo il colore più o meno rosso, per esempio, oppure secondo la rotondezza loro — noi avremmo da trovare tutte sorta di rossezza, che cioè dal rosa pallido si estenderebbero sino al più intenso color chermisi, e tutte sorta pure di rotondità. Tra gli estremi

(1) Discorso presidenziale alla sezione geologica, British Association, 1909.

(2) « Teoria delle mutazioni » del Prof. De Vries.

(3) « Principles of Heredity », di Mendel, da W. Bateson, F. R. S. (Camb. Univ. Press).

vi sarebbero probabilmente tali gradazioni di colore o di forma da fare apparire quegli estremi affatto senza relazione tra di loro.

Darwin immaginò che se due semi rosa pallido fossero incrociati per combinazione, la discendenza che ne deriverebbe, essendo altresì pallidamente rosa, sopraviverebbe se l'essere rosa pallido fosse adatto all'ambiente circostante. Ma egli non s'attentò a dire perchè qualche seme (della stessa specie) dovrebbe essere rosa pallido e qualcuno chermisino intenso. Egli stabilì che la variazione fosse dovuta all'accumulazione di variazioni minute, ma egli non spiegò le più minute variazioni.

I Mendeliani fanno il tentativo di spiegare le variazioni minute in una specie. Essi dicono che l'essere rosa o rotondo di un seme (oppure per prendere una illustrazione più famigliare, l'essere verde o giallo nel pisello) dipende da certi fattori di ereditarietà; che la giallezza o la verdura è un carattere inerente definitivamente al plasma del germe del pisello; e che secondo le proprietà di esso, esso influenzerà le caratteristiche della progenie del pisello. In brevi parole, essi tentano di fornire qualche spiegazione delle più minute variazioni del pisello e di trovare una legge che determinerà se queste variazioni saranno caratteristiche delle future generazioni del pisello. Nella loro ultimissima ricerca essi possono ingegnarsi di accertare quale sia l'assestamento delle più minute cellule del pisello che favorisca la persistenza oppure la variazione.

Questi modi di vedere sono condivisi, almeno in parte, dal Prof. De Vries (1), il cui nome fu dapprima associato colla « *Teoria della mutazione* », per la quale una variazione in una forma di vita, di una

(1) « The Mutation Theory », di Hugo de Vries (traduzione inglese di Kegan Paul).

pianta o di un animale, era concepita come proveniente non sempre per deboli gradi di adattabilità, ma talvolta subitaneamente. Essendo adattate all'ambiente le loro nuove forme continuarono e fiorirono, e divennero stabili. Per tal modo le specie potrebbero procedere per mutazioni rapide; e nel tempo della vita di una specie vi sarebbero dei periodi in cui essa esibirebbe una tendenza al cambiamento o mutazione. Ciò non è molto differente dall'attitudine presa dal Dott. A. Smith Woodward (1) e da altri paleontologi: che vi è un progresso persistente della vita nei successivi periodi geologici sino al piano più alto, e che vi è qualche principio a sostegno di tale progresso molto più fondamentale che la variazione per caso o per corrispondenza all'ambiente circostante (2). Vi sono nella vita delle specie dei subitanei passi innanzi fondamentali, che furono detti da un naturalista Americano, Prof. Edward Cope, « punti d'espressione » e nei quali egli vide la manifestazione di qualche forza vitale inerente ed inscrutabile. Il paragone con i movimenti ritmici della crosta della Terra si suggerisce da se stesso. Vi sono dei cambiamenti nel senso del progresso, e verso la fissità del tipo, che si alternano con altri cambiamenti verso l'estinzione.

Il corso di questi cambiamenti è ritardato o modificato dall'ambiente e dalla selezione naturale — ma esso progredisce. La materia la più priva affatto di vita, cioè la materia solida inorganica, tende ad organizzarsi sotto forma di cristalli. Nel mondo della vita la materia tende ad organizzarsi a foggia di cellule che non sono di forme geometriche. Nel mondo

(1) Discorso presidenziale alla sezione Geologica, British Association, Winnipeg, 1909.

(2) « Quantunque molto possono aver contribuito questi fenomeni ad adattazioni minori ».

inorganico la materia è principalmente cristalloide, ed in quello organico essa è principalmente colloidale (1) — sebbene vi siano degli stati colloidali della materia anche nel mondo inorganico, e di quelli cristalloidi frammezzo i prodotti organici. Il dott. Smith Woodward ha paragonato i cambiamenti nella vita di una specie ai cambiamenti nello sviluppo di un cristallo. Egli immagina che il cristallo sia stato disturbato da alcune impurità durante lo sviluppo suo, per modo che esso sia divenuto foggiato con faccie disuguali oppure sia diventato magari anche un semplice ammassamento. Le forze inerenti nel cristallo sono andate lottando, persino nel contrastante ambiente, per assestare le molecole di quello in una determinata forma geometrica. Nel caso di una catena di vita ciascun animale successivo è una massa di sostanza colloidale raggruppata attorno al suo germe colloidale di vita. Le forze inerenti nel germe di vita (o plasma del germe) vanno sempre lottando, non già per disporre il corpo che si sviluppa attorno ad esso in faccie geometriche, ma in varie altre simmetrie. Quando l'estrema è stata raggiunta, ed è raggiunto così lo scopo della forza vitale, la specie riposa, cessano le sue attività, la razza muore.

Quella è forse una fantasiosa illustrazione della vita della specie, ma risulterà evidente che, qualunque siano la sua veracità ed il valor suo, le osservazioni

(1) Tra i colloidi sono compresi tutti gli elementi plastici di animali o di piante — vale a dire, i vari composti di proteine. Tuttavia non v'è linea di confine fortemente incisa, che separi i colloidi dai cristalloidi. Sebbene delle moltitudini di corpi esistano, le quali possono essere collocate nell'una o nell'altra classe, pure moltitudini di altri possono essere trovate che abbiano proprietà di un carattere intieramente intermedio. Si suppone che i colloidi siano generalmente caratterizzati dalla complessità di vasta misura delle molecole di cui essi sono composti.

su cui essa è basata mettono fuor di questione la semplice ipotesi che sin dal principiare della vita, lo sviluppo di essa abbia proceduto sempre in maniera regolare e diretta, tale che potrebbe essere associata e paragonata con l'egualmente regolare, diretta, e semplice progressione delle roccie. Persino se il caso fosse stabilito nella sua più semplice formula — cioè che tanto lo sviluppo degli strati della Terra, quanto lo sviluppo della vita abbiamo proceduto in cicli, vi sarebbe poca ragione di supporre che questi cicli siano contemporanei, o si riferiscano gli uni agli altri eccettochè nel modo il più complesso.

I geologi stanno principiando a respingere le antiche divisioni delle roccie, come artificiali; le genealogie delle forme di vita, come ci sono rivelate dalle roccie in alcuni casi, com'è dimostrato, sarebbero ugualmente non valide. Egli è più salutare di procedere senza alcuna presunzione di relazioni precise tra lo sviluppo geografico e quello biologico di epoche successive, e di ricercare semplicemente come ciascuno di essi possa aver influenzato l'altro.

La vita e la fisica della Terra.

Nella sua forma la più semplice, il protoplasma, la materia prima di cui sono fatte le forme di vita, esiste come una sostanza gelatinosa, leggermente granulosa, e semi fluida, senza una struttura visibile, sebbene sia presunto che esso abbia un carattere consimile a quello di una minutissima spugna ovvero di schiuma, e che esso sia atto ad assorbire della materia disciolta dall'esterno, quale processo preliminare che adduca all'assimilazione ed allo sviluppo suo. Gli alimenti principali che esso assimila sono i composti del carbonio, di cui è primo l'acido carbonico; e quei composti sono seguiti dall'ossigeno e dall'idrogeno e

da altri composti che la forma di vita richieda nella più grande quantità, e dal nitrogeno (azoto).

Essi tutti sono costituenti dell'atmosfera. Noi possiam dire che il materiale principale della vita viene dall'atmosfera; oppure che la vita e l'atmosfera dipendono l'una dall'altra. Vi sono tuttavia, molti altri elementi oltre a quelli dell'atmosfera, come lo zolfo, il fosforo, il silicio, il ferro, il calcio, il cloro, il potassio, il sodio, che sono più o meno necessari alle numerose forme di vita, o sono da esse impiegate nei loro scheletri o nei loro tegumenti.

La vita, per conseguenza, può aver influenza sulle quantità e sulle proprietà dell'atmosfera.

Essa può essere un ajuto od un impedimento alla desintegrazione od all'erosione ed al deposito.

Essa può produrre dei depositi organici, tali come la torba ed il carbone; o di materia organica come il corallo, le marne conchilifere oppure il limo di diatomee.

Di questi tre effetti, il primo, sebbene sia il meno evidente, è forse il più importante.

Si crede che il biossido di carbonio dell'atmosfera, il quale ha alimentato le forme di vita vegetali sin dal loro primo apparire, sia andato soggetto a diminuzione continua, sebbene esso sia stato sottoposto a fluttuazioni circa la sua quantità.

L'ossigeno dell'atmosfera, sebbene pur esso soggetto a fluttuazioni, è probabilmente cresciuto di quantità.

L'azoto è andato probabilmente crescendo tanto realmente, quanto relativamente, perchè l'azoto libero vien meno consumato in via diretta dalle forme di vita.

Le proprietà di questi tre costituenti, biossido di carbonio, ossigeno ed azoto possono essere alterate dal vigore e dal numero delle forme di vita. Una conseguenza è di già stata indicata. L'ossigeno e

l'azoto sono più trasparenti ai raggi calorifici che non il biossido di carbonio od il vapore d'acqua; e quindi una considerevole variazione nelle proporzioni di codesti gaz della coltre atmosferica cagionerebbe delle fluttuazioni nella temperatura prevalente alla superficie della Terra; in altri termini, cagionerebbe delle fluttuazioni di clima, che avrebbero influenza sul globo intero.

Vi è una buona evidenza non solamente di un agghiacciamento esteso che farebbe presagire un freddo estremo, ma pur di periodi di siccità in regioni attualmente umide di continuo; e di periodi umidi in regioni che sono ora deserte. Per tal modo mentre l'atmosfera, secondo quanto è ammesso, deve influenzare, e deve sempre aver influenzato le forme di vita, vi è motivo di supporre che la vita, mediante la sua influenza sull'atmosfera, possa essere stata un agente nel produrre cambiamenti di clima. Non ne consegue necessariamente che essa sia stata l'agente principale.

Tali sono le influenze che la vita organica può avere sulla fisica della Terra. Le influenze della geografia del pianeta nell'affrettare o nel ritardare la vita organica sono state brevemente indicate, ed è opportuno di rammentare che l'associazione di forme di vita specifiche con strati distintivi, o con periodi specificati nella storia del mondo, è una materia di osservazione e di una sorta di osservazione, che è necessariamente frammentaria ed incompleta.

Per conseguenza l'associazione di un'avanzata progressiva nelle forme di vita coll'accumulazione graduale degli strati sedimentarî, è tale che riesce arbitraria, sebbene fondamentalmente giustificabile. Essa è un metodo conveniente di riallacciare lo sviluppo inorganico del pianeta colla sua vita in corso di sviluppo.

Genealogie organiche ed inorganiche.

Se una geneaologia ideale, tanto delle roccie quanto dello sviluppo della vita, fosse manifesta alla nostra osservazione, noi troveremmo nelle più primitive roccie le più semplici forme di vita. Ma, mentre l'osservazione crescente sospinge la scoperta delle forme più primitive di vita sempre più oltre all'indietro nella storia geologica, quella relazione ideale è lungi dall'essere conservata, e noi possiamo soltanto dire che il carattere del nudo protoplasma, tale come esso deve aver formato le primissime viventi cose, era allora, come adesso, di una natura non suscettibile di conservazione.

La supposizione dall'esistenza loro può essere giustificata, poichè quando i fossili fanno la loro apparizione, essi sono le reliquie di una vita che aveva di già compiuto un'avanzata considerevole nell'organizzazione. Ed ancora: sebbene le forme delle piante debbano essere state necessarie per il sostegno di alcune forme animali, le memorie delle piante vengono le ultime dopo i ricordi degli animali, e sono per numero di esemplari molto inferiori a questi ultimi. Ciò è in parte dovuto alla natura delicata dei primitivi tipi di vegetazione, ed al fatto che la vegetazione si è sviluppata massimamente sulle terre — che sono meno capaci di preservare le reliquie di quella, di quanto lo farebbero i sedimenti marini, dove le forme animali quasi sin dall'inizio, sono state abbondantemente conservate. E fu soltanto sotto condizioni eccezionalmente favorevoli che le più antiche terre conservarono il ricordo della loro vita anteriore.

Le più antiche forme di vita.

Cionondimeno, tutti i grandi gruppi di piante, le Tallofiti, che includono le alghe e i funghi ed i licheni :

le Bryofiti, ossia i muschi ed un'erba epatica trilobata (Anemone Hepatica); le Pteridofiti, ossia piante di felci, e le Spermatofiti o piante di semente, la cui connessione colle felci è stata stabilita dalle ricerche di D. H. Scott (1) e di F. W. Oliver (2), hanno lasciato tutti quanti qualche ricordo. Alcune delle Tallofiti sono degli organismi mono-cellulari ed altrettanto semplici per struttura quanto possa esserlo una cosa vivente, e sarebbero da considerarsi come prossimi parenti, relativamente, colle forme antenate. È pur possibile che alcune delle alghe possono esser state degli agenti nel formare alcuni dei calcari che sono senza fossili. Vi è teoricamente probabilità che i Batteri, i quali appartengono ai funghi, siano stati fiorenti altrettanto tempo addietro, quanto possano addietro risalire le memorie degli strati; e si crede che essi possano essere riconoscibili in epoca antica quanto le roccie Paleozoiche. I muschi e le erbe epatiche sebbene siano basse forme di vita, non sono fra quelle primitive; ed esse non hanno lasciato di loro stesse alcun ricordo nelle roccie primitive, e certamente neppure nelle età di mezzo. Fra i gruppi più alti, le felci e loro compagne lasciarono traccie abbondanti nel periodo medio geologico; i depositi delle piante, situate ancora più in alto sulla scala, cominciano alla fine dell'età di mezzo e sono relativamente moderne.

Ha da essere notato (3) che lo sviluppo principale di tutto il grande gruppo di piante ebbe luogo sul terreno, o nelle acque che stanno fra le terre, anzichè nel mare. Questo è vero non semplicemente delle più

---

(1) « Studies in Fossil Botany », di D. H. Scott, F. R. S., 2a ediz. 1908 (A. e C. Black).

(2) Un adeguato resoconto sommario delle sue ricerche apparso nella rivista « Illus. Scientific News », Giugno 1903.

(3) Chamberlin e Salisbury, « Earth History », pag. 267.

alte forme, ma sembra pure esser vero delle più primitive forme antenate, le Tallofiti, sebbene esse esistano in quantità e in numero molto maggiore nel mare anzichè sulle terre o sulle acque che tra le terre stanno. Ma le Tallofiti d'acqua dolce, le alghe, appaiono possedere in un grado più alto che le forme marine quei caratteri da cui scaturiscono nuove forme, e sono probabilmente del tipo capo-stipite. Se viene accolto questo modo di vedere, esso suggerisce che noi dovremmo indugiare prima di accettare intieramente la teoria che la vita ha cominciato nel mare ed è migrata di poi sulle terre. Esso ad ogni modo fornisce un qualche fondamento per l'alterna supposizione; che la vita, cioè, siasi sviluppata primariamente sulle terre e nell'acque terrestri, ed abbia di poi migrato al mare.

Facendo ritorno dal regno vegetale a quello animale, vi sono delle ragioni consimili a quelle che spiegano la difficoltà di riconoscere le Tallofiti negli strati più primitivi, le quali ragioni rendono comprensibile l'assenza dei più semplici animali, i Protozoi. I Protozoi, solitamente minuti organismi mono-cellulari, sono in alcuni casi così simili alle Tallofiti, che l'assegnare alcuni organismi all'uno od all'altro regno è faccenda dubbiosa. Alcuni di essi non sono stati trovati affatto nello stato fossile; ma altri hanno sostenuto una parte molto importante colla loro contribuzione alle marne. Le spugne Porifore, i Celenterati (1), pesci gelatinosi ed i coralli, sono rari nelle roccie più primitive, seb-

(1) « I più antichi animali multicellulari erano dotati di una cavità di struttura, l'*enteron*, circondata da un doppio strato di cellule, cioè l'*ectoderma* e l'*entoderma*. Questi *Celenterati* o *Enteroceli* diedero origine a forme che avevano una seconda grande cavità del corpo, il *cœlom*, che fu prodotto da un ripiegamento a mo' di tasca dell'*enteron* per formare una o più cavità nelle quali le cellule riproduttive s'avessero a sviluppare — insenature che divennero tolte via dalla cavità dell'origine

bene alcune traccie delle spugne sieno state trovate nel terreno Cambriano. Gli Echinodermi, i crinoidi o gigli di mare, le stelle marine ed i ricci di mare cominciano colle roccie antiche; ed hanno lasciato un buon ricordo posteriormente a quelle. I Vermi, a dispetto della loro mollezza, hanno lasciate le loro orme, se non loro stessi nelle roccie più primitive. Con i Brachiopodi noi ci avviciniamo alla conservazione. Essi si estendono dal periodo Cambriano sino ai giorni nostri, e qualcuna delle forme loro hanno a mala pena cambiato nell'intiero complesso di questo vasto intervallo di tempo. I Molluschi si sono similmente estesi sin dai primissimi inizi dell'epoca ricordata.

Gli Artoprodi, che abbracciano i trilobiti, i granchi e balani da un lato, ed i miriapodi, i ragni, gli scorpioni e insetti d'altra parte, sono precipuamente interessanti non già per l'estensione dei depositi che essi hanno lasciato, ma per il loro teoretico valore nel fissar le date degli strati e dei periodi. I trilobiti, quei fossili meritamente popolari, appaiono negli strati fossiliferi i più antichissimi; essi furono probabilmente gli organismi i più altamente sviluppati dei tempi loro, ed essi portano la più chiara evidenza del progresso che la vita ha fatto al tempo in cui la sua memoria si è manifestata. Gli Artropodi terrestri datano dal periodo medio delle roccie le più antiche ovverosia Paleozoiche. I Vertebrati non fanno l'apparizione loro sino a più tardi, nel periodo Siluriano, ma essi furono predominanti nelle epoche successive.

---

loro e per tal modo formarono l'indipendente *cælom*. Gli animali così provvisti sono detti *Cælomocæla* quali contrapposti ai *Celenterati* e comprendono tutti gli animali al disopra dei polipi, pesci gelatinosi, coralli ed anemoni di mare. — E. Ray Lankester, « The Kingdom of Man », pag. 112-113 (1909). Vedere pure l'introduzione alla parte II, « Treatise on Zoology ». Edito da E. Ray Lankester (A. e C. Black).

CAPITOLO XVI.

Successione geologica.

Classificazione di ere geologiche. - Correlazione della vita e degli strati. - Aspetti geografici delle ere geologiche. - La faccia della Terra. - I più antichi continenti. - Il mare di Teti. - Continenti del Sud. - Ponti di terre. - Sommario di Suess.

Se l'accrescimento e lo sviluppo della crosta della Terra non sono stati graduali ed ininterrotti, ma hanno proceduto in una serie di onde di lunghezze irregolari; e se l'evoluzione pure della vita ha proceduto con un'irregolarità che deve la sua origine a cause ignote — sarà evidente che il tentativo di assegnare delle date agli strati od ai periodi, mediante le reliquie della vita che quelli strati contengono, può soltanto parzialmente riuscire. Quindi nel parlare della vita del periodo Cambriano, oppure della vegetazione dell'era Carbonifera, noi andiamo facendo uso d'un'espressione conveniente, che definisce teoricamente un qualche stadio del progresso raggiunto dalla Terra nella storia della sua vita; ma non siamo per stabilire indiscutibilmente dei fatti accertati. Quando Cuvier immaginò che la Terra avesse progredito con lunghi periodi di riposo, interrotti da grandi cataclismi che avessero rimosso ogni vivente cosa e che fosse stata necessaria una creazione interamente nuova per l'epoca successiva allora era possibile di immaginare dei periodi geologici che fossero nettamente determinati e strettamente contemporanei per la Terra intera. Era pur possibile di immaginare delle specie di animali e di piante li-

mitate a questi periodi : e così si potevano inquadrare delle raffigurazioni in cui un periodo doveva essere caratterizzato da mari sconfinati, nei quali ai pesci era data opportunità di consolidare la storia della loro famiglia ; ed un altro periodo in cui il pianeta sopra vaste estensioni della sua superficie era giungla o terreno paludoso, nel quale la vegetazione era rigogliosa e molto sviluppata. Ma tali rappresentazioni sono fantastiche e non reali. La memoria geologica, come disse Darwin cinquant'anni fa, «è una storia del mondo imperfettamente conservata, e scritta in un dialetto mutevole ; di questa storia noi possediamo il solo ultimo volume, riferentesi a sole due o tre contrade. Di cotesto volume è stato conservato soltanto or qua, or là, un capitolo breve; e di ciascuna pagina soltanto or qua, or là alcune poche linee ».

Le ulteriori scoperte di fossili durante l'ultima generazione, mentre hanno ampliata l'istoria di alcune specie, hanno dato origine a problemi in numero maggiore di quelli a cui esse hanno apportato la soluzione, ed hanno lasciato l'origine — o piuttosto le origini — di parecchie, se non pur della massima parte, delle forme di vita in un'incertezza più grande di prima. L'oscurità può aver ricevuto luce dalla scoperta, ma la speculazione è stata ostacolata.

Classificazioni delle ere.

Per la convenienza del lettore, che non sia un geologo, noi aggiungiamo la classificazione delle ere generalmente addottata, lasciando in disparte le numerosissime suddivisioni, le quali spesse volte variano secondo le differenti località.

Prima Era: Archeana		
Seconda Era:	Primaria o Paleozoica	Cambriano Siluriano Devoniano Carbonifero Permiano
Terza Era:	Secondaria o Mesozoica	Triassico Giurassico Cretaceo
Quarta Era:	Terziaria o Cainozoica	Eocene Oligocene Miocene Pliocene
Quinta Era:	Quaternaria o Neozoica	Glaciale } Pleistocene Post Glaciale } Presente

Siccome noi abbiamo supposto che alcuni lettori non siano geologi, non sarà superfluo indicare quali sono i caratteri ed i criteri di quelle roccie, per mezzo dei quali viene riconosciuta l'età loro, quando esse sono, come nel caso della formazione delle Alpi, contorte, spostate o rovesciate. Lo studio accurato delle roccie pone il geologo in grado di dire che taluni periodi hanno impresso alcune caratteristiche — caratteristiche della roccia — sugli strati. Questo è quanto noi potremmo aspettarci perchè la vita del periodo eserciterebbe naturalmente alquanta influenza sui sedimenti. Una sorta di calcare differisce da un'altra: così come una sorta di carbone differisce da un'altra. Ma l'essenza di questo metodo di ricognizione dipende, in ultima analisi, dalla scoperta dei tipi caratteristici di vita. Questo non è sempre possibile. L'età di una roccia dov'essere accettata dall'evidenza fossilifera delle roccie adiacenti. Inoltre, i sedimenti deposti nello stesso tempo in parti differenti della Terra non hanno in nessun modo delle caratteristiche identiche. Si vedrà quindi che la definizione di un'era mediante

l'aspetto degli strati altro non è che una semplice approssimazione.

Il secondo metodo, il quale, essendo il migliore che noi abbiamo, è quello in cui è riposta la massima fiducia, consiste nel definire il periodo di uno strato mediante la presenza della sua vita caratteristica — cioè « le specie caratteristiche » di esso. Se noi consideriamo largamente un numero di strati che sono vicini l'uno all'altro, altrettanto per il tempo quanto per il posto, noi li troviamo caratterizzati da qualche famiglia o gruppo di specie. Per esempio i Trilobiti sono i tipi più caratteristici degli strati Primari; gli Ammoniti caratterizzano gli strati Secondari; i Nummuliti caratterizzano il periodo Terziario. Ma i Trilobiti non durano attraverso a tutto il periodo Primario: essi spariscono prima della fine di quello. Gli Ammoniti, sebbene caratteristici del periodo Secondario, si ritrovano di già nel Permiano. « È stata in questo caso come in non pochi altri casi, una funzione del Permiano di dare il benvenuto all'ospite sopravveniente e di accommiatare quello partente » (1).

I Nummuliti del periodo Terziario cominciano a sparire dagli strati dell'Eocene: ma ora sembra certo che essi appaiono, prima che il periodo Terziario cominciasse, negli ultimi strati cretacei del Secondario. Vi sono degli esempi nei quali uno sviluppo enorme di alcune forme di vita conferisce un aspetto distintivo ad un gruppo di strati. Il carbonifero ne è un esempio. L'esplosione tremenda dell'attività dei rettili nel Secondario ne è un altro. Ma i più tipici di codesti strati trapassano insensibilmente nei loro vicini e l'estensione loro è geograficamente limitata. Per esempio, i grandi rettili, poche eccezioni fatte, sono

(1) Chamberlin and Salisbury, « Geology », Vol. II, pag. 655.

stati trovati in numeri grandissimi soltanto nell'Europa centrale e nel Nord-Ovest dell'America.

Correlazione della vita e degli strati.

In secondo luogo vi è un numero di famiglie e di gruppi sistematici di forme di vita che sono distribuite durante tutta una parte soltanto di una delle maggiori formazioni, e che sono per tal modo associate con un numero limitato di strati. La fine di un gruppo raramente coincide col principiare di un altro; egli è ancor più raro di trovare differenti gruppi che comincino e finiscano insieme ad uno stesso livello; i limiti delle forme tipiche sono confusi nella maniera la più complicata. Se una coincidenza tale come noi abbiamo immaginato fosse mai scoperta, ulteriori ricerche sempre estenderebbero il periodo dei fossili in un modo o nell'altro. Persino se simili coincidenze potessero essere stabilite quale valore avrebbero esse? Potremmo noi stabilire delle grandi divisioni nella vita complessa del pianeta sulla forza di una coincidenza che potrebbe essere accidentale e che involgerebbe soltanto un numero limitato di organismi abitanti in un'area ristretta?

Le considerazioni geografiche che hanno influenza sulla faccia della Terra sono, come noi abbiamo ripetutamente indicato, quelle che sono cagionate dall'avanzarsi o dal ritrarsi degli oceani. Per ipotesi, le relazioni varianti tra terre e mare sono state prodotte con estrema lentezza. Lo studio dei resti fossili determina la lunghezza e la natura di queste trasgressioni e regressioni delle acque. Se al disopra dei letti che contengono delle forme marine noi ne troviamo degli altri con forme d'acqua dolce, o con forme terrestri, noi ne deduciamo che il mare sia andato ritirandosi e viceversa. Se due serie contigue di giacimenti esibi-

scono delle caratteristiche opposte allora essi devono essere stati deposti sotto condizioni differenti. In un caso il mare andò avanzandosi: nell'altro ritirandosi. Questo genere di investigazione fornisce senza alcun dubbio risultati utili, ma esso ha i suoi limiti di utilità. Se ciascun'avanzata del mare si fosse estesa a tutte le parti del pianeta, questo metodo di classificazione sarebbe stato del più alto valore. Ma in realtà questo non è in alcun modo certo. Per esempio, vi è stata una grande avanzata degli oceani tra gli strati del Paleozoico e quelli del Mesozoico nell'America del Nord, nella Russia e nell'Inghilterra. Ma questa avanzata non si trova, oppure ad ogni modo non ha lasciato traccia, nelle Alpi, nell'India, nell'Africa, dove il passaggio tra il Paleozoico ed il Mesezoico procede innanzi senza una interruzione (1). Ed ancora, tra il Mesozoico ed il Cainozoico vi è un'interruzione nel bacino del Mediterraneo e l'Eocene inferiore è mancante. Altrove non v'è lacuna. Tali esempi potrebbero essere moltiplicati. Essi tendono alla stessa conclusione: che le linee delle coste nel mondo sono di continuo modificate ed in alcuni casi tanto lentamente da richiedere tutto un « periodo » intiero per dimostrare qualche effetto. Ma egli è dubbioso se queste trasgressioni si susseguono l'una all'altra in tal modo da delimitare i periodi. A dirla in breve, più è spinta maggiormente lontano la conoscenza e meno regolari appaiono essere qualsivogliano alterazioni sulla faccia del globo oppure nella sua vita; e più diventano artificiali i limiti fissati dalle classificazioni. Le modificazioni della faccia della Terra e della sua vita sono state graduali e continue dacchè si è rivelato il ricordo geologico.

È stato data importanza tanto in questo capitolo

---

(1) « La successione degli strati », P. Enriques ed Mr. Gortani, nella « Rivista di Scienza », 1909, pag. 277-91.

quanto in quello precedente a queste considerazioni, perchè, mentre i tentativi di fornire delle rappresentazioni e persino delle mappe dello stato del pianeta nelle ere geologiche del passato, hanno un fascino per i geologi altrettanto quanto per quelli che quei tentativi istruiscono, deve esser chiaramente inteso che queste visioni sono spesse volte di dubbia autenticità; e che vi sono pochi enunciati generali di questa sorta che abbiano resistito bene. I « paesaggi probabili » del periodo Cambriano, coi mari che usurpano sulle terre nude, possono essere veritieri per località ristrette in quell'epoca irremissibilmente trascorsa ; ma è ugualmente verosimile che le condizioni di vita, di clima e delle proporzioni relative di terre e di mare, fossero intieramente differenti in qualcuna di quelle parti del globo, di cui non siano state a sufficienza esaminate la storia geologica e le memorie fossili. Di quanto lontano siansi ricreduti i geologi da quelle primitive speculazioni circa all'universalità delle condizioni, si vede il meglio possibile, tuttavia, per quanto riguarda l'epoca Carbonifera. È stato completamente presunto che in quell'epoca il globo rimanesse strettamente fasciato in un'atmosfera densa e vaporosa; con una luce ridotta a metà, con gran tepore, e con una vegetazione sub-tropicale che in tali condizioni cresceva rigogliosa dal Polo all'Equatore. Ma ora sappiamo che molto tempo prima di questo periodo, nell'era Cambriana, l'India era probabilmente un deserto, e che nell'epoca di poi, del Siluriano, quella che è adesso la ben irrigata regione dei grandi laghi del Nord America era un deserto quanto l'Arizona lo è ai giorni nostri. Il carbone che si suole supporre fosse depositato soltanto con una lussuriosa vegetazione sub-tropicale e condizioni analoghe, è ora in progresso di formazione nell'Alaska e nel Labrador; e parecchie delle piante Carbonifere, dimostrano colla struttura

loro un'adattazione a condizioni piuttosto rigide, anzichè tropicali.

Aspetti geografici delle ere.

Le sole tavole che possono essere con profitto disegnate, sono quindi, quadri d'accompagnamento, dei quali la relatività è alquanto dubbia ; una delle quali mostra il sollevamento del terreno o l'abbassamento suo, oppure lo starsene stazionario, nei quindici periodi in cui i geologi dividono la durata delle roccie stratificate; e l'altra delle quali mostra, in un tentativo ancor più frammentario ed in modo locale, il il sorgere e lo sviluppo e la decadenza di alcune delle forme di vita. In questa successione cinematografica di raffigurazioni, quelle più primitive sarebbero le più biasimate, mentre le ultime sarebbero quelle più degne di fiducia. Circa al più antichissimo dei periodi, le reliquie del quale sono dette le roccie Archeane, la sola speculazione che abbia qualche sostanza è che il periodo, nel tempo rappresentato da quelle roccie, è probabilmente più lungo che qualunque altro. La grandissima profondità a cui l'esplorazione delle roccie è stata portata rivela, quando il rovesciamento e l'erosione degli strati sono tenuti in conto, persino le poche miglia (1) di deposito e di aggregazione. Le roccie le più basse che l'esplorazione raggiunge con-

(1) Il pozzo più profondo è stato forato dal Governo Austriaco nella Slesia, ed ha un miglio ed un quarto di profondità (m. 2000 circa). I pozzi di miniere forati alla massima profondità per scopi industriali sono il pozzo Bryer a Ronchamp nell'Alta Saona il quale è di 1010 metri, ed un pozzo di 5009 piedi (m. 1500) vicino al Lago Superiore (U. S. A.). L'onor. Carlo Parsons ha fatto l'interessante calcolo che un pozzo di 12 miglia di profondità (Km. 19,2) richiederebbe 85 anni per la sua costruzione e costerebbe L. it. 75.000.000.

sistono di una serie molto complessa di formazioni, abbraccianti sgorghi di lava, prodotti vulcanici, e lingue e protuberanze di roccie ignee che sono state sospinte all'insù da un livello inferiore, insieme con alcune roccie le quali, sebbene esse sieno state contorte, schiacciate e bruciate, ciò nonostante portano tuttora traccie dell'essere state depositate come sedimenti. Dei fossili non si trovano; ma la natura delle roccie, gli schisti carboniferi, i calcari, gli schisti ed il minerale di ferro, trovati in esse giustificano la credenza che la vita esistesse quando esse furono formate; e quella credenza trova un altro appoggio dal fatto che quando dei fossili appariscono, essi rivelano uno sviluppo ed un'organizzazione che implica che un grande intervallo di tempo deve essere trascorso dacchè essi furono prodotti da forme inferiori. Coll'ipotesi planetismaria, che è quella che è stata addottata per la parte principale in tutto questo volume, le roccie più antiche conosciute possono essere con fiducia riferite a quest'era, poichè secondo quell'ipotesi, delle roccie di origine organica (come gli strati di carbone od i calcari) furono non soltanto mescolate con tutte le roccie che noi possiamo vedere, ma con una serie profonda molto al disotto — dacchè si suppone che la vita abbia avuto origine prima che la Terra cessasse di crescere. Queste roccie, appartenenti all'Archeozoico, od epoca della prima vita, sono comunente nominate Archeane. In origine il termine era fatto per includere tutte le roccie al disotto del Cambriano fossilifero, ma è noto adesso che vi zono tre, o più di tre grandi sistemi di roccie sedimentarie, o di roccie che sono sedimentarie e sono intercalate nei loro giacimenti con fogli ignei, al disotto del Cambriano; e che questi sistemi non giacciono informemente l'uno sull'altro. Dacchè cotesti sistemi sono molto spessi e sono l'un dall'altro separati da cospicui intervalli che

non si possono verificare, essi rappresentano un vasto decorso di tempo, probabilmente affatto paragonabile a quello delle età Paleozoica, o Mesozoica, o Cainozoica; fors'anche grande quanto tutte e tre prese assieme.

Il sistema Archeano è quello solo che sia accessibile e che sia teoricamente universale, nel senso che esso è sottoposto all'intiera superficie del globo. In qualunque luogo esso viene alla superficie tutti i sistemi ulteriori non possono essere scoperti. Ignorando tutte le coperture accidentali superficiali noi possiamo dire che le roccie Archeane sono stimate apparire sopra circa un quinto dell'area delle terre; ma dacchè molte parti dell'Asia, dell'Africa, del Sud America hanno soltanto parzialmente subìto un esame minuzioso, quest'estimo è soltanto un estimo fatto molto all'ingrosso. Il Canadà ha la massima area di roccia Archeana che si trovi alla superficie, cominciando dal Labrador, e di là verso Sud Ovest ai Grandi Laghi, ed all'insù verso Nord Ovest all'Oceano Artico. Nella Gran Bretagna lo gneiss di Lewis delle isole Ebridi più lontane è considerato come Archeano, vi sono degli affioramenti di Archeano nella Norvegia, Svezia, Finlandia, Francia, Baviera e Spagna, come pure nell'India, nel Nord della Cina, nel Giappone, nell'Austrialia, nella Tasmania, e nella Nuova Zelanda. Tra il Cambriano e queste roccie, le quali fino all'anno 1830 erano credute le più antiche delle formazioni, ed affatto non suscettibili di classificazione, stanno le serie conosciute sotto varie denominazioni, ma ampiamente classificate dai geologi Americani come roccie dell'epoca Proterozoica (1), epoca durante la quale certamente esisteva la vita. Queste roccie hanno ricevuto l'esame il più accurato nell'America

(1) Nell'Inghilterra « Proterozoico » è un termine usato per il Paleozoico inferiore — e Deuterozoico per Paleozoico superiore.

del Nord, dove esse affiorano in parecchi luoghi anticamente descritti come aree di roccia Archeana. Nella Gran Bretagna esse forse possono venire identificate con gli affioramenti nella foresta di Charnwood, di Anglesea, e dei colli di Malvern. Sir Archibald Geikie nella Scozia, identifica le arenarie Torridoniane, spesse pressochè 10.000 piedi (m. 3000), coll'era Proterozoica ; e nella Francia, in Spagna, nella Finlandia, nella Scandinavia, nell'India e nel Brasile, sono state ritrovate roccie che sono più antiche del Cambriano, ma ancora non sono da annoverarsi fra le più antiche di tutte le roccie.

Il tentativo precedente di descrivere l'estensione delle roccie primitive, e le aree che si presume esse possano aver occupato, adduce ad una particolare attitudine di riserva nel delimitare i continenti e gli oceani del tempo in cui le ultime formazioni venivano depositandosi. L'autorità la più comprensiva che possa essere seguita in codeste speculazioni è Suess (1).

Suess, come noi abbiamo notato nel capitolo precedente, non è convinto della permanenza dei bacini degli oceani, e considera la presente distribuzione delle terre come datante da non prima del periodo medio od era Mesozoica. Le difficoltà che si oppongono al ricercatore sono principalmente quelle di ciò che noi denominiamo il Vecchio Mondo — un'espressione che ha un significato suo proprio nella storia geologica.

« *La faccia della Terra* » *di Suess.*

Trascurando per un momento l'era Paleozoica, che comincia col Cambriano e che termina col Permiano, e considerando il periodo Mesozoico che finisce colla

(1) « The Face of the Earth », op. cit.

Creta; noi troviamo, secondo Suess, che l'America del Nord era coperta dal mare durante il periodo della Creta, dal golfo del Messico alla Mackenzie River, e forse più lungi sino all'Oceano Artico. Tutta la regione che giace tra le sue montagne dell'Ovest, e le montagne che sorgono nell'Est, stava sotto l'acqua; e qualche catena di monti era pur essa sommersa. Poscia fu riempito il bacino oceanico oppure si sollevò il letto dell'oceano: il mare sparve, lasciando dietro di sè fra le terre un mare interno immensamente grande, di acque salmastre od in parte dolci. Questo era il preistorico Lago Laramie, che si estese sovra l'interno del continente esistente dal 33° al 60° di latitudine. Il Lago Laramie è scomparso, ma l'America del Nord data sin dall'esistenza di quello: quello è forse il continente più recente; esso è di certo il più semplice. L'America del Sud è stata troppo poco esplorata per spiegare una storia di uguale ingenuità. Ma dei depositi d'acqua dolce di un periodo posteriore a quello Cretaceo sono stati trovati a 1200 miglia dalla costa dell'Atlantico; e dei fossili del periodo Terziario di una sorta consimile si addentrano di molto nelle terre dalla costa Sud-Ovest; cosicchè l'America del Sud, pur essa, può essere considerata come un continente dei più recenti.

I continenti più antichi.

Ma, dice Suess, se noi tentiamo di fare simili inchieste considerando la massa riunita dell'Asia, dell'Africa e dell'Europa, noi troviamo che esse sono lungi dall'essere regioni consimili. Esse sono masse eterogenee che sono state saldate insieme ed i limiti loro non sono come continenti riconosciuti. La più antica di tali masse consisterebbe del Sud-Africa e di una vasta parte dell'Africa Centrale insieme col Ma-

dagascar e colla penisola Indiana. Questi elevati altipiani non sono mai più stati coperti sin dai tempi Paleozoici, o dalla fine del periodo Carbonifero; e ad essi collettivamente è stato dato il nome di Terre di Gondwana, il continente il più antico, senza paragone alcuno più antico che l'America del Nord.

Il paese di Gondwana è continuato al Nord da altri altipiani, che furono sommersi durante l'era Mesozoica, nel periodo Cretaceo, e rimasero in parte sommersi nell'era successiva, cioè la Cainozoica o Terziaria. A quest'era, il sorgere della quale è prossimo in tempo a quello del Continente Nord-Americano, appartengono il Sahara, l'Egitto, la Siria, e l'Arabia. Aggiunte all'antica regione di Gondwana esse formano l'Indo-Africa. Questa è una regione che non è stata sottoposta a ripiegamenti di montagne dopo il finire dell'epoca Paleozoica (1).

Sottraendo l' « Indo-Africa » dal resto della grande massa di terre dell'emisfero orientale, ciò che resta è l'Eurasia = Europa + Asia. La totalità del margine meridionale dell'Eurasia si avanza in una serie di grandi pieghe versa l'Indo-Africa. L'intera parte meridionale dell'Eurasia è una regione a piegature che si estendono dalle catene dell'Imalaia. Queste grandi pieghe riunite, sempre spinte verso il sud, ricoprono un'ampiezza di ventidue gradi di latitudine. Esse corrono verso sud in una serie di archi sintattici; più a nord esse sono stese per diramazioni a guisa di verghe.

---

(1) Noi abbiamo di già citato Suess in appoggio della credenza che la costruzione di montagne non provenga dal sollevamento da sotto, ma bensì da processi di spinte laterali. « La dipendenza dei processi di formazione delle montagne su elementi più antichi che mettono ostacoli e si oppongono — alla pressione laterale e alla deflessione — diviene di giorno in giorno più evidente ». Il Nord Ovest della Scozia, per esempio, è scagliato sopra lo gneiss delle Ebridi.

Com'esse spingonsi verso ovest, e raggiungono l'Europa, la diramazione che si stende passato il Caucaso subisce una riversione nella direzione delle pieghe, e passando attraverso una potente contorsione nella Rumenia è tratta, nei Carpazi e nella parte principale delle Alpi, verso il Nord. Una gran parte di queste piegature è di recente età geologica; essa è continuata in tempi recenti, ed il movimento può anche non esser ancora cessato. Egli è grandemente verosimile che, entro la regione occupata dalla serie di pieghe esistenti, un ininterrotto strato d'acqua si estendesse una volta dal Turkestan alla China, dove Han Hai, il Chinese « mare secco » (antico lago di reliquato) segna l'estremo suo limite orientale.

Il mare di Teti.

Il Nord dell'antico Gondwana è una vasta zona di depositi lasciati dai mari dei tempi Mesozoici. Essi si trovano da Tunisi a Sumatra; essi abbracciano il Tonchino e l'Asia Minore, le regioni montane dell'Hindu Kush, i Pamiri, gli Imalaja ed i Trans-Imalaja rivelati da Sven Hedin. Essi sono le reliquie di quell'antico mare talvolta detto di Teti, e descritto da Neumayer come l'antico Mediterraneo centrale. Il presente Mediterraneo è una reliquia del vecchio mare di Teti.

E nuovamente ancora più a Nord, costrutta sopra una fondazione di roccie Paleozoiche, vi è la pianura elevata della Siberia orientale. Dalla China sino all'Antartico trovansi deposti dei giacimenti dei tempi Cambriani, e sopra quei giacimenti altri del periodo Siluriano, tutti depositati molto uniformemente. Essi non hanno sofferto gran disturbo. Al disopra quelli vengono nuovamente degli strati di giacimenti che portano piante, forse del periodo Permiano, alcuni di essi adducendo alla seconda divisione di roccie, le

Mesozoiche, ed appartenenti ai tempi Giurassici. Questi giacimenti che contengono piante della China, Mongolia e Siberia, ci portano la testimonianza della nascita di un secondo grande continente a Nord dell'antico mare di Teti. Questo continente, più giovane del Gondwana, e più giovane che il continente di cui appaiono le reliquie nel Canadà e nella Groenlandia, è ancora esso antichissimo. A quest'ultimo è stato imposto il nome di Angaralandia. Nei suoi strati, la serie Angara, sono incluse tutte le piante note dell'ultimo fra i periodi Paleozoici, vale a dire il Permiano, altrettanto quanto quelle dell'era Mesozoica. Verso la fine dell'età di mezzo il mare di Teti disparve; ed una buona parte dei terreni dell'altipiano della Siberia, non fu mai più ricoperta un'altra volta dal mare. Colla sparizione del mare di Teti, e coll'unione dell'antico continente di Angara alle terre situate più in là a Sud, sorse l'esistente continente dell'Asia.

Rimane ora da considerarsi un altro continente, oltre a quell'antica Laurenzia, che ha assunto il suo nome dalle roccie Archeane trovate nella vicinanza del San Lorenzo. Esso è il perduto continente di Atlantide. Come noi abbiamo osservato, Suess non accetta incondizionatamente la teoria che i bacini degli oceani siano rimasti inalterati e restino inalterabili. Egli riguarda l'elevazione dei loro bacini ad un'altezza a cui essi divenissero altipiani, come una cosa possibile, se non pure probabile. Suess non vede ragione per cui parti dell'Oceano o persino della terra asciutta non possano dimani sprofondare per formare nuove profondità, *oppure perchè noi dovremmo credere che tutti i bacini del grande oceano siano stati di continuo coperti d'acqua sin dalla loro prima formazione in poi. Per tutto quanto ciò possa riguardare l'Atlantico vi sono anche evidenze del fatto opposto.* L'evidenza a cui fa allusione Suess si è la natura e

la distribuzione dei sedimenti depositati nei tempi Paleozoici nell'Europa e nell'Africa; e la di lui ipotesi si è che la posizione occupata dal Nord dell'Atlantico fosse occupata da un continente a cui vien dato il nome favoloso di Atlantide (1). La Groenlandia sarebbe un residuo di quello.

Continenti Australi.

Dei continenti del Sud, le isole Falkland, all'altezza dell'America del Sud, ci forniscono qualche luce alla sfuggita di un'antica istoria, poichè tali isole sono un frammento ripiegato di schisti Paleozoici; e la spinta dei più antichi strati accessibili nel Sud-America ci dà campo per congetturare di un continente che riempisse l'oceano tra l'Africa e gli esistenti continenti

(1) L'espressione usata dall'autore farebbe ritenere l'Atlantide fosse situata all'incirca tra la Laurenzia e la Baltica (vedi carta a pagina seguente). La tradizione, meravigliosamente concorde presso tutti i popoli navigatori le assegnava un posto più meridionale; e cioè dalle isole Canarie a 100 km. ad O. del Marocco) alle isole Azorre (a 300 Km. ad O. delle coste Portoghesi, abbracciando Madera ed altri scogli, e giungendo forse fino all'Islanda ed alla Groenlandia all'estremo Nord.

D. Federico de Botella ha presentato al Congresso degli Americanisti a Madrid una memoria dal titolo: *Pruebas geologicas de la existencia de la Atlantida*: *su fauna y su flora.*

Secondo questo autore l'Atlantide sarebbe stata divisa dall'Europa ad epoca Quaternaria già inoltrata, in corrispondenza di altri moti e sollevamenti. Avrebbe tuttavia potuto permanere un'isola grande, che sarebbe sprofondata di poi, dopo la comparsa dell'uomo; e questi di tale cataclisma avrebbe potuto tramandare sino ai tempi storici un confuso ricordo per via di tradizione. Alle prove geologiche se ne aggiungono altre etnologiche circa i Guanches, aborigeni di stirpe berbera antichissima, dai crani simili a quelli degli uomini di Cro-Magnon (vedi capo XIX), e che pur mostravano qualche affinità di culto e di usanze con tribù antiche americane. Donde si vorrebbe dedurre che l'Atlantide fosse stato il *ponte* tra l'Africa e l'America.

(*Nota del Traduttore*).



Fig. 23. - Distribuzione delle terre e delle acque nel periodo Secondario, basata sulle mappe del Triassico inferiore, fatte da Schuchert per l'America del Nord e da De Lapparent per il resto del mondo. Da un articolo del Dott. R. S. Lull dell'Università di Yale sulla distribuzione del Dinosauro. (« American Journal of Science », Vol. XXIX, N°. 169).

occidentali. Può essere concesso di immaginare l'antico Gondwana congiunto all'antica Sud - America (arch-Amazonia) per mezzo del Sud dell'Atlantide; ed un'immensa pianura terrestre che si estendeva per tal modo dal Sinai alla grande area del Brasile e dell'Argentina, mentre l'Antartica era congiunta all'Australia ed alla Patagonia.

Ponti di terre.

Al Nord dell'Islanda, vi sono degli indizi che possa esser esistito un ponte di terre tra i terreni dei due emisferi, sebbene esso fosse probabilmente interrotto frequentemente da trasgressioni del mare. (Il Dottor R. F. Scharff (1) è del parere che vi fosse un ponte di terre tra il Nord dell'Europa ed il Nord dell'America non più oltre dei tempi Pleistocenici; e che tale congiungimento passasse per la Groelandia e l'Islanda). Del resto, riassumendo alcuni dei ben noti aspetti della Terra durante le ere geologiche primitive: l'Islanda, come le isole Feroe, mostra dei residui di una antica era vulcanica, ed ha un sostrato vulcanico più recente costrutto sopra un altro più antico. Infatti l'Islanda è stata continuamente ed attivamente vulcanica da tempi del medio Terziario sino ad oggidì. Le Canarie pure rivelano residui vulcanici più antichi al disotto di quelli più nuovi. Lo Spitzberg è una reliquia dell'altipiano Paleozoico, con letti di un lago Devoniano sopra di esso; e le Orkneys e le Shetlands fanno parte di una catena di montagne che sorsero nell'epoca Siluriana; e fanno parte della stessa catena dell'antica Caledonia, la quale si spinge all'insù verso la Norvegia.

Proseguendo nel periodo di laghi poco profondi che

(1) « Proc. Royal Irish Acad. », 1910.

caratterizzarono l'era Devoniana in Europa, venne quell'era cosidetta Carbonifera di cui la caratteristica la più pronunziata si è lo sviluppo della vita vegetale e la deposizione dei suoi resti. Verso la fine sorsero grandi catene di montagne nell'Europa Centrale, e queste catene furono ripiegate verso il Nord come le Alpi esistenti. Esse quindi si abbassarono, ed i loro bordi frantumati resistettero allo sviluppo delle nuove pieghe. (Se un certo numero di grossezze di feltro viene spinto su contro un ostacolo solido, oppure anche se si considera l'atto, famigliare a tutti, di increspare un tappeto colla gamba di una tavola o di un seggiolone, l'opposizione di un gruppo di montagne antiche, qualche volta detto dai geologi un « *horst* » (1), alla pressione laterale dei nuovi strati può esser così rappresentata). Le pieghe nuove per tal modo contorte formano adesso i Pirenei, le Alpi, i Carpazi. Il frammento della catena più antica che tuttora dimostra l'antico sviluppo, separa adesso le Alpi dai Pirenei. Sino a quest'ultimo punto noi abbiamo avuto fiducia in Suess, e ci siamo ingegnati di interpretare la tendenza principale delle di lui teorie. Per quanto riguarda gli sviluppi susseguenti, sembra desiderabile di citarlo più precisamente, colle sue proprie parole.

Sommario delle teorie di Suess.

« Se noi ora consideriamo la successione dei giacimenti in quelle parti dei continenti che sono state così minuziosamente investigate, noi scopriamo che vaste aree sono state soggette durante periodi di du-

---

(1) « Horst » parola quasi non traducibile. Significa un intoppo od un ostacolo insuperabile. In questo caso potrebbe essere tradotto per: uno scoglio. (*Nota del Traduttore*).

rata straordinaria ad invasioni o violazioni del mare, vale a dire a movimenti positivi interrotti da fasi negative.

« Verso la fine dell'epoca Siluriana la spiaggia si arretrò per tutta la regione situata tra l'Illinois e l'Oceano Atlantico, altrettanto come nell'Inghilterra, nel Nord della Russia, e vicino al Baltico. L'antica Arenaria rossa, come un lago, si espande sovra l'intiera regione dell'Atlantico del Nord, l'Est del Canadà, lo Spitzberg, la Scozia, l'Inghilterra e la Russia del Nord.

« Allora il mare cominciò la sua avanzata, e verso la metà del periodo Devoniano le trasgressioni del mare furono trovate dalla Russia fin sopra la Livonia; fors'anche giunsero sul Canadà occidentale e sino all'Artico.

« Esso retrocedette al principiare del Carbonifero; esso s'avanzò di nuovo, altre oscillazioni seguirono finchè i sedimenti marini del Permiano copersero parte dell'America del Nord e dell'Europa settentrionale, e posero termine ai movimenti Paleozoici.

« I mari Mesozoici dell'Europa, sebbene talvolta essi recedessero, non mancarono mai di riguadagnare in influenza. Una grandissima parte di Europa fu per tal modo sommersa, la Scozia essendo pressochè sotto acqua. I mari Mesozoici arrivarono sino all'Abissinia. La sommersione continuò. Essa cominciò a scemare, ed il mare fu per un certo periodo lasciato solamente in possesso di posti come le Alpi, da cui esso si era avanzato.

« A questo stadio l'epoca Cretacea ebbe principio ed il mare si avanzò ancora sino a che esso sommerse le antiche catene del Giura, e la totalità dell'Europa Centrale con i suoi grandi laghi d'acqua dolce furono di nuovo coperti dal mare. Le Russia era divenuta, colla precedente ritirata del mare, una terra asciutta,

ma adesso il mare avanzandosi dal Sud si congiunse coi bracci del mare proveniente dal Nord. Il mare meridionale assorbì il suo compagno più debole.

« Allora per la prima volta le coste dell'Atlantico, come esse esistono adesso, furono bagnate dall'Oceano. Il mare ricoperse la pianura di Patagonia, e forse si estese sopra l'intiero continente del Sud America; dal Texas esso fece sua strada attraverso il centro dell'America del Nord sino alla Lat. di 65° N. Esso lasciò le sue traccie attorno alla maggior parte dell'Africa, coperse una gran parte dell'Europa, pervenne al Mar Caspio, al mare di Aral, alla Persia, alla Siria, al Sahara Orientale, all'Arabia ed alle coste dell'India. La Groenlandia, la Russia del Nord, lo Spitzberg, il Nord della China, il Nord della Siberia soli non furono sottoposti a questa grande avanzata del mare dell'epoca Cretacea.

« Ancora una volta di più delle vaste aree furono abbandonate dal mare. Dappertutto esso si arretrò: il periodo Cretaceo venne a finire e cominciò l'epoca Terziaria. La ritirata fu persino più completa che l'avanzata, perchè i nuovi laghi d'acqua dolce giacciono più vicino al Mediterraneo donde lo straripamento aveva avuto origine più che mai prima d'allora..... In seguito le condizioni diventano così complicate che non è più possibile di dare di esse un resoconto generale e conciso ».

II.

Riguardo all'opinione di Suess che gli oceani e le terre siano in un modo consimile soggette a depressione ed a sollevamento, noi possiamo citare i calcoli di Mr. Mellard Reade (1) circa l'ammontare dei sedimenti trasportati nell'Atlantico. Esso sale a 1200 mi-

(1) « Earth Structure » da T. Mellard Reade (Longmans), 1905.

lioni di tonnellate all'anno. Egli accenna altresì ai movimenti, tanto di elevazione quanto di depressione, esistenti ora sui continenti ed osserva che vi sembra non esservi ragioni, dal punto di vista meccanico o dinamico, per cui le oscillazioni di livello debbano essere ristrette a 9000 o 10000 piedi (m. 3000). La sola cosa difficile da spiegare sono le cosidette profondità oceaniche. Secondo il modo di vedere del Sig. Reade esse sono prodotte da un incurvamento della crosta terrestre, simile a quello del bacino Mediterraneo. Esse non sono necessariamente permanenti.

La classificazione che realizza le conclusioni a cui è pervenuto il Prof. Suess dopo trent'anni delle più accurate ricerche, è tale da imporre rispettosa attenzione a tutti i geografi, sebbene possano essere mosse delle obbiezioni ad alcune parti di essa (1).

---

(1) In un'appendice al di lui ultimo volume pubblicato dell'opera « Das Antlitz der Erde ». Vol. III, parte IIa (1910) pag. 783-795, Suess dà il suo sommario finale delle terre di questo globo. Egli le sistema nelle seguenti dieci divisioni:

1. Eurasia, che include parte dell'America del Nord.
2. Laurentia.
3. Regione di Gondwana.
4. Oceania Australia e parti dell'Antartica.
5. Sud America e le montagne occidentali dell'America del Nord.
6. Le Isole Britanniche, escluse le contee meridionali, ma incluse parte della Norvegia, e le montagne del Sahara occidentale.
7. Le isole vulcaniche del tipo Atlantico, colle quali sono raggruppate alcune delle isole degli Oceani Pacifico orientale, Indiano, ed Australe.
8. Le montagne del Capo.
9. La penisola Nord-Ovest della Nuova Guinea.
10. L'arcipelago delle isole Fiji.

J. W. Gregory, « Nature », 16 Giugno 1910, pag. 452.

CAPITOLO XVII.

Sviluppo organico.

Sviluppo di specie. - Successione di piante. - Lacune tra le memorie. - Connessioni genetiche. - Le piante fiorenti.

Mentre egli è possibile di dire che date forme di vita erano presenti in numerosi esemplari, oppure che esse esibirono molte evidenze di sviluppo in epoche date della storia geologica del pianeta, non può essere inoltre asserito che questa o tal'altra specie fosse nata in una certa era, ed è difficilmente possibile di dire che qualche specie fosse principalmente caratteristica di un'epoca. Il più che possa essere avanzato si è che questo o quell'altro fossile fa la sua prima apparizione ad un qualche stadio ben definito; e che poi ad un altro punto, sembra sia a quella prima succeduta un'altra forma qualche volta discendente direttamente da essa, e talvolta divergente.

Per esempio i Trilobiti appaiono nel Cambriano e sembrano raggiungere il loro massimo sviluppo nel periodo detto l'Ordoviciano, tra il Cambriano ed il Siluriano. Su quelle distese di terre che furono denudate durante l'epoca Siluriana degli insetti hanno lasciato il loro primo ricordo (1); ed i mari Siluriani

(1) « Che esistessero degli insetti veri è stato reso noto dalla scoperta di un'ala di Ortottero *(Palæoblattina)* nell'arenaria del Siluriano inferiore, di Jacques Calvadas. (« Geol., Mag., » 1855, pag. 481). Essa misura circa 1 pollice e 1/2 (cm. 3,7) di lunghezza..... Un'ala di Emittero è di poi stata rinvenuta negli schisti del Graptolite inferiore di Svezia ». (Geikie, « Text Book of Geology », Vol. II, pag. 943).

furono popolati dai primissimi pesci che noi conosciamo. Nel Devoniano i pesci si trovano in numero crescente ed i pesci d'acqua dolce hanno stampate le loro impronte sulle roccie. Nel Carbonifero i muschi fossili (1), che sono stati rinforzati durante il Devoniano da vere felci, hanno sviluppato nella flora fossile quell'abbondanza per causa della quale rimane impicciolito ogni altro ricordo di quest'epoca. L'ultimo dei periodi Paleozoici, il Permiano ci rivela i rettili; ma essi, giudicati dall'abbondanza dei loro resti appartengono propriamente al Mesozoico od Era media, cioè al Triassico, al Giurassico, ed all'età della Creta. Gli uccelli ebbero principio molto prima che il Mediterraneo Centrale sommergesse la parte maggiore dell'Eurasia del Sud; il più antico degli uccelli fossili conosciuti, l'***Archæopteryx*** data dai tempi Giurassici.

Nel periodo Cretaceo gli uccelli di mare devono essersi sviluppati; ed i loro resti fossili, parecchi dei quali di uccelli natanti, altri di uccelli con potenza ed ampiezza d'ali molto considerevoli, testificano la distesa del mare ed il doppio impulso che esso ha dato alle due linee di sviluppo tra gli uccelli.

Agli strati del Triassico appartengono le più antiche traccie di mammiferi (2); ma essi si svilupparono

(1) « Le terre del periodo Siluriano avevano probabilmente una vegetazione crittogamica, in cui i licopodi e le felci tenevano la parte principale ». (Sir Arch. Geikie « Text Book of Geology », 4ª ediz., Vol. II, pag. 937). Geikie qualifica queste osservazioni tuttavia, in una nota, col dire che Zeiller nel suo recente « *Text Book* » appunta che l'evidenza di qualche pianta nel periodo Siluriano, di grado superiore alle alghe è eccessivamente meschina. Il Dott. H. Scott (« Studies in Fossil Botany » 2ª ediz., pag. 6), dice che sebbene la massima parte dei resti fossili del Siluriano siano fuori d'ogni dubbio, vi è qualche evidenza che persino a quel periodo primitivo fossero di già comparse delle piante vascolari.

(2) « Uno fra i fatti meritevoli di essere notati, nella paleontologia del Trias si è la contingenza in questo sistema delle prime

lentamente ed è questa l'epoca che segue alle roccie secondarie — il Cainozoico o Terziario — che è stata denominata l'Età dei Mammiferi. Egli è possibile che il precedente rozzo contorno di sviluppo possa essere quello solo non tacciato di vizio di classificazione troppo spinta.

Sviluppo di specie.

Ove fossero idealmente al completo le cognizioni circa le forme di vita del passato ci si potrebbe cullar nella speranza di riuscir capaci a tracciare lo sviluppo ed il decadimento di ciascuna forma di vita; si potrebbe ancor sperare che con i primissimi strati noi vedessimo i principî, e che con ciascun strato successivo si avessero a vedere le addizioni e le alterazioni man mano che i tipi crescessero sempre più complessi — lo stabilirsi di un tipo nuovo sulle rovine di uno vecchio, i suoi progressi e la sua decadenza. « Quanto sarebbe glorioso se noi potessimo disporre i prodotti organizzati dell'universo nel loro ordine cronologico », diceva Cuvier. « La successione cronologica di forme orga-

---

reliquie della vita dei mammiferi in quanto si ritiene siano dei denti staccati ed ossa mascellari inferiori. Queste reliquie sono state riferite a piccoli *Prototheri*, che presentano qualche rassomiglianza col Formichiere fasciato della Nuova Galles del Sud (Myrmecobius). Il genere Europeo è Microleste. Nel Trias della Carolina del Nord un supposto marsupiale è stato descritto sotto il nome di *Dromatherium*. È tuttavia possibile che qualcuno di questi resti possa essere di un rettile ». (Sir. A. Geikie, Op. cit., pag. 1091). Quelli erano i tipi più elevati raggiunti dai principî del periodo Cainozoico (op. cit. pag. 1083). Allora — nell'Eocene inferiore — apparvero i primi carnivori *Arctocyon* e *Palæoncitis*. L'Eocene medio fu distinto da animali simili ai tapiri: l'Eocene superiore aggiunse animali a metà via, tra quelli simiglianti a tapiri, e quelli a veri cavalli. Pare che vi sian pure stati dei rappresentanti dei nostri ricci, scojattoli e pipistrelli. (Op. cit., pag. 1227).

nizzate, l'esatta determinazione di quei tipi che apparvero primi, l'origine simultanea di certe specie e loro decadenza graduale, ci insegnerebbero forse tanto intorno ai misteri di organizzazione quanto noi possiamo possibilmente imparare col mezzo di esperimenti con organismi viventi ». Era questa un'aspirazione la quale ha cessato adesso di essere un'aspettazione. « Se l'evidenza fosse completa ed efficace noi difficilmente saremmo capaci di sbrogliare l'infinita sua complessità, o di trovare un filo direttivo per guidarci attraverso tutti gli intricati meandri del labirinto », osserva il Prof. W. B. Scott (1) e consimili osservazioni sono fatte dal Dott. Dukinfield Scott (2) e dal Dott. A. S. Woodward (3). « Vi possono essere parecchi regni vegetali », dice il paleobotanico. « Parecchi animali della stessa forma generale e delle stesse abitudini hanno tratto origine due o tre volte, a due o tre periodi successivi, da due o tre gradi di vita continuamente più elevati », dice il Dott. Woodward. Una specie si sviluppa come un'idea. Faraday scoperse la possibilità di far girare un magnete per mezzo dell'elettricità; ma immaginiamoci la difficoltà di tracciare passo per passo, ed inventore per inventore, tutta la genealogia attraverso alla quale sono discesi dai loro antenati di cinquant'anni fa gli elettro-motori delle linee elettriche del *London Tube*. Quanto immensamente più difficile sarebbe il compito di tracciare, attraverso a tutte le sue vicissitudini di generazione e di ambiente, il progresso di una specie per tutta la sequela di un milione d'anni.

Una delle difficoltà tipiche sorge colle forme primi-

---

(1) « Darwin and Modern Science », Camb. Univ. Press.

(2) *Ibidem*.

(3) British Assoc. Discorso presidenziale alla Sezione Geologica (1909).

tive di vita. I fossili primi conosciuti sono quelli di un crostaceo (1) ed essi si trovano in roccie anteriori al Cambriano; i trilobiti Cambriani erano i più caratteristici ed i più eminenti fra gli abitanti dei mari Cambriani. Il significato del fatto che i più antichi fossili definiti includono dei crostacei ben sviluppati, forme che sono comparativamente elevate nel regno animale, non può sfuggire ad alcuno.

La vita doveva per conseguenza aver esistito per lungo tempo. Un'immensa proporzione dell'intiera storia della vita sta dietro le più basse roccie fossilifere; e come indica il Dott. Dukinfield Scott, il caso è peggiore per le piante che per gli animali, perchè il ricordo comincia molto più tardi che quello degli animali, sebbene sia generalmente presunto che le forme delle piante inferiori abbiano preceduto le forme degli animali inferiori. Ma come abbiamo già detto, noi non conosciamo nulla dell'origine della vita: ed egli è altrettanto probabile che la vita abbia cominciato su questo pianeta con molte cose quanto con una sola. Se le prime cose viventi erano parecchie esse non possono esser state simili; ad ogni modo esse possono esser state esposte a condizioni diverse sin dall'origine loro. Nell'uno o nell'altro caso vi sarebbe stato un numero di serie distinte dal principio e se così, noi saremmo giustificati ove presumessimo che tutti gli organismi sono discendenti l'uno dall'altro.

Un'osservazione di più circa i trilobiti, prima di proseguire il piano generale di questo capitolo che è

(1) « I fossili meglio preservati sono quelli dei crostacei simili all'*eurypterus*. Vi sono altresì impronte di due generi di anellidi e di altre forme indeterminate. Oltre a questi fossili certi vi sono delle forme oscure che sembra debbano essere riferite ai brachiopodi ed ai pteropodi » (Chamberlin e Salisbury, « Geology » Vol. II, pag. 216-217).

per indicare alcuni aspetti della parentela nella discendenza dapprima della pianta, e quindi nel regno animale. Dagli occhi dei trilobiti Cambriani furono fatte alcune osservazioni circa la luce del globo. Parecchi trilobiti fossili rivelano organi visivi atrofizzati; mentre altri avevano occhi che erano straordinariamente sviluppati. Il Prof. Lowell presume che questo non era dovuto al fatto che quelli vivessero in mari profondi, e quindi o non abbisognassero di occhi, oppure richiedessero occhi che catturassero ogni più debole raggio di luce — ma al fatto che vi era poca luce da assorbire (1). Egli respinge la modesta supposizione di Suess che alcuni fossero esseri viventi in mari profondi; ed arguisce che essi vivessero invece su bassi fondi marini. Una recente inchiesta dimostra che ad una profondità di appena 400 metri non vi è più praticamente penetrazione di luce dall'alto. Ad una profondità media di circa 200 metri regna già una tenebra profonda (2). Ma non è quello il punto in contestazione. Il puro fatto che i trilobiti Cambriani esibirono sviluppo differente degli organi visivi dimostra che per delle epoche intiere vi deve essere stata della luce alla scopo di far venire ad esistere affatto degli occhi. L'occhio deve esser stato sviluppato prima che esso diventasse atrofizzato.

Successione di piante.

La quistione della successione di piante è in una posizione differente oggidì da quella della successione nel regno animale.

Il materiale, che lo studio dei fossili ha posto a disposizione dei zoologi (non meno che le lacune esi-

(1) « Evolution of Worlds », op. cit., pag. 178-179.

(2) « Life in the Sea », Johnstone, Camb. Univ. Press.

stenti nel materiale stesso) ingenera una tale confusione mentale, che, a dispetto dell'utilità della teoria dell'evoluzione di Darwin, vi sono parecchi i quali vorrebbero introdurre altre cause per spiegare l'origine e la discendenza di specie. La stessa tendenza esiste tra alcuni botanici ; e come di già abbiamo notato il De Vries ha molti seguaci nella sua teoria delle « Mutazioni » così distinta dalla indefinita variazione di Darwin. Due dei più distinti paleobotanici francesi, Grand Eury (1) e Zeiller (2) sono del parere che i fatti della botanica fossile siano d'accordo con la « subitanea comparsa di nuove forme ».

Queste nuove forme differirebbero in un modo molto spiccato da quelle dalle quali esse sono sorte; ed una nuova nascita di questo genere è ritenuta esser necessaria per spiegare alcune delle subitanee transizioni di tipo di fogliame che avvennero nell'era Mesozoica. Ma Scott indica che il genere di grande Mutazione che a Zeiller o ad Arber (3) occorre, è affatto differente dai piccoli cambiamenti che De Vries crede di aver dimostrato esser possibile oggidì. Scott pure osserva che sebbene vi siano parecchie lacune nella successione delle piante, ancorchè la botanica fossile abbia avuta la tendenza a colmarle, e che sebbene il più grande rispetto debba essere tributato alle opinioni di Grand Eury (4) e di Zeiller circa la successione delle specie, tuttavia le spiegazioni che Darwin ha dato di cambiamenti apparentemente subitanei da

---

(1) C. Grand Eury », Sur les mutations de quelques Plantes fossiles », « Comptes Rendus », CXLII, pag. 25, 1906.

(2) R. Zeiller, « Les Végétaux Fossiles et leurs enchainements » « Revue du Mois », III, Feb. 1907.

(3) Arber e Parkin, « Origin of Angiosperms », Journ. Linn Soc. Botany, Vol. XXXVIII, p. 29, 1907.

(4) C. Grand Eury, Op. cit. pag. prec.

una forma ad un'altra ancora fanno una lunga strada per spiegare i fatti che recenti scrittori hanno tentato di ascrivere a variazione saltuaria — in altri termini, a salti spontanei.

Scott (1) descrive le vestigia fossili di piante come tali che formino la storia dell'ascendere successivo di una serie di famiglie dominanti, ciascuna delle quali si innalzò alla massima altezza nell'organizzazione, altrettanto quanto nell'estensione del suo dominio, e quindi sprofondò in una relativa oscurità, lasciando il posto ad altre famiglie che sotto nuove condizioni fossero meglio abili a prendere un posto principale. Così ciascuna famiglia se ne andò correndo giù per la china del suo corso discendente, sia che i suoi membri abbiano subita una reale riduzione per struttura, com'essi divennero relegati ad un altro modo di vita (tale e quale come la gente che, decadendo nel mondo, ha da rinunciare alla propria casa di città e deve vivere in una villetta in campagna oppure in pensione a Dinard); ovvero sia che i più alti rami della famiglia siano spuntati in folla tutti insieme, mentre i parenti poveri erano soltanto in grado di mantenersi col guardarsi bene dal competere colle razze ascendenti dei ***nouveaux riches***. In ciaschedun caso sarebbe risultato un abbassamento generale del grado di stabilità e dell'organizzazione del gruppo. Questa è una ragione per cui la storia trascorsa delle piante per nessun verso può mostrare una progressione regolare dal semplice al complesso. L'altra ragione consiste nel fatto che il progresso reale è spesse volte dal complesso al semplice. Uno degli esempi migliori

(1) Per le teorie di questo capitolo riferirsi principalmente all'opera « Fossil Botany » del Dott. H. Scott, ed al di lui articolo sulle « The Palœontological Record », in « Darwin and Modern Science ».

trovasi nel caso dei semi delle piante. I semi dell'era Paleozoica furono pressochè sempre delle strutture molto complesse, di gran lunga più complesse che ogni altra oggidì, eccettochè nel caso di pochi gimnospermi che conservano i loro caratteri antichi. Riduzione non suona generalmente la stessa cosa che degenerazione; e la semplificazione delle parti è stata uno dei mezzi i più usuali di progresso per l'organismo nella sua totalità.

Nel tracciare le geneologie delle piante, la botanica fossile è stata costretta a limitarsi principalmente alla progressione nel modo di congiungere insieme grandi classi di piante piuttosto che nel tracciare la discendenza di specie particolari o di generi di flora recente. Per questo rispetto essa differisce dallo studio delle vestigia animali, che è stato largamente fortunato nel tracciare la discendenza di numerose specie viventi. La ragione di questa differenza si è che le memorie botaniche le più recenti, dai tempi del Terziario in poi, sono assai poco soddisfacenti: e consistono precipuamente di impressioni di foglie, « dalle quali possono essere tratte soltanto delle conclusioni altamente precarie ». Le reliquie delle roccie più primitive sono presentemente meno parche di informazioni degne di fiducia.

Nelle roccie Cambriane vi sono alcune impronte mal definite, simili a steli od a fronde, che possono essere, almeno in parte, le forme cave (1) di piante marine. Vi è una forma particolare consistente di piccoli ciuffi di raggi irradianti — alquanto simili nell'aspetto ai ventagli Giapponesi — trovata nelle roccie Cambriane dell'Irlanda, e si è pensato che quelle siano

(1) Forma nel senso usato dagli scultori o più precisamente dai formatori in gesso, ossia stampo. (*Nota del Traduttore*).

talvolta delle reliquie di alghe. Ma ciò non è ben certo; sebbene teoricamente vi debba esser stata abbondanza di vita vegetale nei mari Cambriani. Le vestigia della vita di piante marine, non meno di quelle delle piante di terra, continua ad esser non soddisfacente attraverso alle età succedentisi dell'Ordoviciano e del Siluriano. Nel Devoniano l'evidenza delle alghe procede come prima; e vi sono delle sezioni di ciò che è interpretato essere lo stelo di una gigantesca pianta marina, il quale stelo raggiunge talvolta il diametro di tre piedi (90 cm.) (1).

Le piante terrestri non hanno lasciato vestigia nelle roccie primitive più soddisfacenti di quelle lasciate dalle piante marine. Nel Devoniano un certo numero di esse appare molto ben sviluppato. Nel Carbonifero l'evidenza della vita vegetale è schiacciante. La differenza tra le forme delle piante in queste epoche rende necessario il supporre o che le piante avessero una storia di un passato assai lungo dietro di loro, durante il quale esse avessero potuto differenziarsi e svilupparsi; oppure che vi fosse stata una rapidissima evoluzione, ed una rapidissima estensione di forme intermedie.

Nei placidi bacini Devoniani, le felci e loro compagne e le Gimnospermi inferiori furono abbondanti. Non vi è evidenza di erbe epatiche o di muschi, nè di alghe terrestri o funghi; sebbene siano stati trovati dei batterii — un fatto molto interessante quando si consideri la minutezza e la fragilità dei batterii. Si ritrovarono presenti le felci ed una forma tra le felci e le cicadi; e così vi erano altre due sotto classi del gruppo (***Pteridophyta***) a cui le felci appartengono — calamiti, antenati giganteschi delle ***code di cavallo*** e dei ***licopodi*** (Lepidodendron). È stato pure asserito che vi

(1) *Nematophycus*. Quella può essere stata la massima per dimensione di questa forma di piante di mare.

fossero delle Conifere e dei rappresentanti delle specie dei Gingo, ma il fatto è pur stato negato; sebbene non vi sia più alcun dubbio che la classe superiore per sviluppo alle Pteridofiti sia stata raggiunta e che nei gimnospermi fossero rappresentate le piante portanti semi (1).

Connessioni genetiche.

Nell'era Carbonifera la germinante promessa del Devoniano raggiunse il suo apice. Le piante sono state straordinariamente preservate, e questo può aver dato all'era un grado di distinzione nella vita vegetale quand'è paragonata colle ere dall'altro lato di ciò che essa realmente non possedette. Ma fu quello veramente un gran periodo nella vita vegetale. Giammai non furono cotanto ampiamente diffuse le Pteridofiti, prima d'allora o dopo d'allora (felci, code di cavallo, licopodi). Quello fu il periodo loro, per eccellenza;

---

(1) L'annessa classificazione può tornar d'aiuto ai lettori non botanici. Essa rappresenta provvisoriamente le principali divisioni del regno vegetale.

1° gruppo. TALLOFITI:
- Classe 1. Alghe.
- » 2. Funghi.

2° gruppo. MUSCINEE:
- Classe 3. Epatiche.
- » 4. Muschi.

3° gruppo. PTERIDOFITI:
- Classe 5. Filicinee (Felci).
- » 6. Equisætacee (Code di cavallo).
- » 7. Lycopodinee (Licopodi).

4° gruppo. FANEROGAME: Semi veri.
- *A*. GIMNOSPERMI: (Cicadi, Conifere).
- *B*. ANGIOSPERMI.
- Classe 9. Monocotiledoni } Piante fiorenti.
- » 10. Dicotiledoni }

ed i loro numeri, dimensioni, organizzazione non furono mai sorpassati. Vi erano delle felci vere, delle felci di transizione, delle felci simili a conifere; code di cavallo e giganteschi licopodi — tutte le grandi divisioni del gruppo, e tutte pressochè, oppure completamente al loro apice, od approssimantisi ad altri gruppi.

Le felci, ciò può esser detto in termini generali, risalgono al primissimo periodo conosciuto, sebbene Scott osservi che nell'era Paleozoica la classe era meno estesa di quanto prima si credeva, perchè di una gran parte delle supposte felci di quell'età è stato provato che esse erano piante portanti dei semi. La più interessante scoperta di questi anni recenti è stata l'identificazione dell'anello tra le felci e le piante portatrici di semi. Delle piante che combinavano le caratteristiche delle felci e delle cicadi furono trovate nel Carbonifero da Williamson (1), e nel 1897 esse furono classificate ***Cycadofilices***. Nel 1903 Oliver e Scott identificarono un seme fossile (2) come appartenente ad una sorta di questa classe di piante; e dopo di allora altre scoperte sono venute alla luce, le quali rendono chiare ed impossibili ad essere male interpretate la connessione e la discendenza. La conclusione generale che segue si è che nei tempi Paleozoici vi fosse un gran corpo di piante che avesse raggiunto il rango di piante seminifere (Spermatophyta); e da quelle provennero le abbondanti cicadi del successivo Mesozoico. Quel fatto è di significato di grande portata, poichè, secondo Scott, vi è ragione di credere

---

(1) Phil. Trans. Roy. Soc. 1887 B. p. 299.

(2) Il seme del *Lagenostoma*, l'albero *Lyginodendron*. Referenze: F. W. Oliver e D. H. Scott, « Sulla struttura del seme Paleozoico, Lagenostoma Lomaxi », « Phil. Trans. Roy. Soc. ». Vol. 197, 1904.

che le Angiospermi o piante fiorenti sorsero, esse medesime, negli ultimi tempi dal ceppo delle cicadi. Per tal modo in un largo senso la principale linea discendente delle Fanerogame passò attraverso il gruppo delle felci. L'affinità tra le più antiche piante da semi e le felci nel più ampio senso sembra stabilita, ma il tronco comune dal quale esse sorsero è tuttora sconosciuto. Le Equisetale manifestamente pervennero al loro massimo grado di sviluppo nei tempi Palezoici; e la stessa cosa è pur vera per i Licopodi.

Piante fiorenti.

Le cicadi sono adesso una piccola famiglia con forse un centinaio di specie che si trovano nelle regioni tropicali e sub-tropicali, ma in nessuna parte formano la caratteristica dominante della vegetazione. Alcune poche diventano altrettanto grosse come dei piccoli alberi, e vivono molti anni; ed alcune sono un poco consimili a palme corte. Per tutta l'intiera famiglia il frutto maschio è un cono; ed in tutti i generi, uno solo eccettuato (cycas), i frutti femmina sono parimenti dei coni. L'intiero ordine è molto primitivo nel portamento; ed il suo metodo di fecondazione è condiviso soltanto dal gingo. Tuttavia codeste prime cicadi ebbero un immenso sviluppo dopo il Carbonifero, durante l'era Mesozoica, direttamente sino al periodo Cretaceo. Allora nel Cretaceo inferiore appaiono gli Angiospermi, le piante fiorenti. Per il tempo in cui giunse il periodo Cretaceo Superiore esse avevano di già soffocata ogni altra vegetazione ed avevano assunta la posizione dominante che esse tengono oggidì nel regno vegetale. « Per tal modo », dice Scott, « esse sono isolate per struttura dal resto del regno vegetale, mentre storicamente la loro apparizione è ubitanea, quasi in piena vigoria, ed apparentemente

senza intermediarii con altri gruppi. Per citare le vigorose parole di Darwin, « per quanto ci sia dato di giudicarne, è un mistero abbominevole lo sviluppo rapido di tutte le piante più alte, entro i tempi geologici recenti ». Egli pensava che lo sviluppo avrebbe potuto forse proseguire lentamente in qualche isolato e perduto continente — l'Antartica di Suess: ma sebbene l'idea di un'invasione di Angiospermi sia stata fatta rinascere, non vi è prova evidente per sostenerla (1).

La luce è venuta da un altro lato. In tutte le roccie Mesozoiche più antiche, le cicadi furono quasi altrettanto predominanti quanto gli alberi di oggidì. La massima parte di esse rassomigliano alle cicadi dei giorni nostri eccetto che da un sol punto. La fruttificazione non è la stessa. Le antiche cicadi avevano un apparecchio di organi riproduttori di gran lunga più elaborato di quanto non l'abbiano le discendenti loro. Le cicadi predominanti del Mesozoico erano le Bennettiteæ. Esse sono simili alle cicadi cresciute a stento in tempi posteriori, ma avevano questa loro struttura riproduttiva elaborata, ed esibivano numerosi frutti laterali simili a grosse gemme sui loro steli presso alle basi delle foglie. Per molti anni Wieland è andato lavorando sui fossili provenienti dai giacimenti Mesozoici del Maryland, Dakota e Wyoming (2), col risultato che questi frutti curiosi sono ora considerati quali parenti prossimi dei fiori delle Angiospermi.

(1) F. W. A. Miquel (traduzione in inglese nel « Journal of Botany », 1869, pag. 101) suggerì che l'avvento di insetti succhiatori, abbia favorito lo sviluppo di piante fiorenti. La stessa supposizione fu fatta da Laporta, al quale Darwin scrisse nel 1877 approvando la detta ipotesi (Darwin, « Life and Letters », IV, pag. 285). Del rivestirsi di vegetazione di un'isola si è avuto testimonianza in questi ultimi anni nel caso del Krakatoa.

(2) G. R. Wieland, « American Fossil Cycads », Carnegie Istitution, Washington, 1906.

L'Angiosperma colla quale Wieland ha specialmente paragonato il tipo fossile, si è l'albero detto: Lyriodendron Tulipifera, e (Scott concorda con lui) vi è un'analogia notevole tra i fiori come magnolie e quelli degli ordini, loro parenti, come gigli d'acqua. « È difficile di non restar convinti che le antenate delle Angiospermi, per così lungo tempo sepolte nell'oscurità, abbiano da esser ricercate tra le piante simili alle cicadi, che dominavano la flora del mondo nei tempi Mesozoici ». Se, come sembra ora probabile, le Angiospermi derivarono da antenate parenti delle cicadi, ne seguirebbe naturalmente che le Dicotiledoni (piante germoglianti con due foglie) ebbero primieramente lo sviluppo loro. Le Monocotiledoni (piante germoglianti con una foglia sola, come le erbe) avrebbero in tal caso da essere considerate come una linea collaterale al grande gruppo delle piante a due foglie; sebbene per quanto noi possiamo saperne, le Monocotiledoni, quantunque sempre meno numerose che le Dicotiledoni, siano comparse di pochissimo più tardi, se pur questa differenza di tempo vi è stata.

CAPITOLO XVIII.

Il Regno Animale.

Forme primitive e classificazione. - Discendenza delle Ammoniti - Origini dei Vertebrati. - Rettili ed Uccelli. - Mammiferi. - Discendenza del Cavallo e dell'Elefante. - Decadenza di razze.

In quest'occasione ci è possibile di indicare quando e dove certi tipi della vita animale abbiano cominciato e quando e dove essi abbiano cessato: ma a questo punto ha termine la precisione. Sebbene delle rassomiglianze tra due forme di vita, che furono contemporanea l'una coll'altra oppure che si succedettero l'una all'altra possano suggerire delle parentele, la connessione è spesse volte oscura e piena di dubbi; per modo che, mentre è possibile stabilire una tabella approssimativa (1) che indichi le ere nelle quali delle forme di vita successive apparvero, fiorirono, o dispar-

(1) Apparizione di gruppi animali assegnata a tempi geologici

Invertebrati	Protozoi . .	Dal Cambriano al tempo attuale
	Poriferi . .	» » » »
	Celenterati .	» » » »
	Echinodermi .	» » » »
	Anellidi . .	» » » »
	Artropodi . .	» » » »
	Brachiopodi .	» » » »
	Polizoi . .	Dall'Ordoviciano all'attuale
	Molluschi .	Dal Cambriano »
Vertebrati	Ostracodermi .	Dal Siluriano soltanto al Devoniano
	Pesci . .	» » all'attuale
	Amfibii . .	Dal Carbonifero all'attuale
	Rettili . .	Dal Permiano »
	Uccelli . .	Dal Giurassico »
	Mammiferi .	Dal Trias »

vero, le relazioni di queste forme di vita tra di loro non possono essere presunte.

La motilità degli animali fu interamente contraria alla loro formazione in tipi regolari e perfetti. Le piante rimanevano comparativamente immobili e soggette per molte età a condizioni sempre consimili.

Gli animali avevano, all'opposto, degli organi di locomozione per mezzo dei quali essi potevano percorrere intieri continenti — e forse per via dei ponti di terra — persino intieri emisferi a disposizione loro. Così il tipo fu assoggettato ad ambienti circostanti di sorta immensamente differenti tra di loro. Esso, se non adatto ad una località, era idoneo per un'altra. In un posto (come i conigli nell'Australia ed il passero Inglese per ogni dove) ha trovata una dimora così adatta alla sua indole, che esso si è moltiplicato tanto da essere al disopra d'ogni novero; ed aumentando in numeri progressivi esso può aver raggiunto una crescente attitudine alla variabilità (1). Per tal modo sin da principio furono assicurate le mutazioni delle specie animali; esse, nei monchi ricordi archeologici, sono divenute sconcertanti. Egli è di maggior profitto, nello stato presente delle cognizioni nostre, di notare il progresso, l'arresto e il declinare della specie, anzichè di tentare di rintracciare strettamente la conversione di una specie in un'altra.

Egli è niente meno possibile di rintracciare gli antenati primitivi e di trarre conclusioni plausibili circa la linea di discendenza di più d'una specie; e vi sono abbastanza « anella » per giustificare l'opinione che in tutti i casi la vita di un periodo geologico è passata

(1) Ai tempi nostri questo ancora accade, come lo illustra l'esempio addotto del coniglio in Australia, dove esso si propagò in un modo così rapido ed in tali proporzioni da provocare dei provvedimenti legislativi per il suo esterminio, indispensabile a salvaguardia dell'agricoltura. (*Nota del Traduttore*).

per un processo naturale di discesa nel prossimo periodo successivo. La classe da lungo tempo estinta di organismi conosciuti come i Trilobiti sono estremamente istruttivi per questo rispetto. Per quanto è noto essi si ritrovano solamente nelle roccie Paleozoiche, sebbene vi siano cotanti tipi nel Cambriano inferiore da darci l'assicurazione che essi devono essere andati sviluppandosi per molto tempo prima di quell'epoca. Nel Cambriano e nel periodo successivo, l'Ordoviciano, i Trilobiti giunsero al loro periodo di massima abbondanza; di poi, seguirono un lungo, dolce declinare terminante in una completa e finale sparizione prima della fine del Permiano, l'ultimo della serie Paleozoica. Ma le larve dei trilobiti di nuova origine e gracili sono ritenute da alcuni scrittori essere assai prossime alle prime forme di larve di tutti i Crostacei, che sono succeduti a quelli.

Anche nelle roccie Cambriane si trova una specie estinta di Echinoderma (Cystidea) di cui si ha giusto motivo di credere che essa sia l'antenata di tutte le Asterie, Ofiure, Ricci di mare, di tutte le epoche successive.

Egli è tra codesti animali quasi fissi e tardi che noi dovremmo aspettarci la minima variazione e la più diuturna continuità. Tra i Molluschi (od animali con conchiglie) la storia della vita e la storia degli antenati di alcune forme sono state condotte a termine in modo meraviglioso. I Brachiopodi pure datano dal Cambriano. Essi non sono estinti, sebbene essi siano ora di molto ridotti; ma nei mari Paleozoici essi erano numerosi oltre ogni credere. Grandi masse di calcare antico sono sovente composte quasi esclusivamente dei gusci loro e la loro varietà consiste nel mantenere l'abbondanza loro. Le lineee della loro discendenza stanno per essere esaurite. Tutti i Brachiopodi formano dapprima un sottile guscio embrionale detto il

protegulum; e tal forma è ritenuta essere quella atavica dell'intiero gruppo. La storia della vita di un brachiopodo dei giorni nostri indicherà gli stadi dell'istoria dei suoi antenati.

Discendenza delle Ammoniti.

Tra tutti i Molluschi nessuno è degno di un interesse maggiore di quanto lo siano le Ammoniti, un cefalopodo il di cui guscio ritorto come il corno di un becco, è forse di tutti i fossili quello primissimo riconosciuto dal principiante di geologia (1). Esse hanno una grande importanza geologica perchè esse sono eminentemente caratteristiche dei tempi Giurassici, e, secondo la frase geologica, esse fissano l'orizzonte stratigrafico di quell'epoca. Esse spuntano nel Devoniano dove, quali Ammonoidi, esse appariscono nelle loro forme primitive. Esse compaiono nel Carbonifero e nel Permiano (2). Ma non si fu che sino ai tempi Triassici che questo grande ordine assunse l'importanza che esso mantenne attraverso a tutte le epoche Mesozoiche. Nell'era Triassica più di 1000 specie sono state descritte. Negli alti mari che ricoprivano allora tutta l'Europa Meridionale e si estendevano nell'Asia, nell'America, e persino nelle regioni Artiche, vi fiorì una profusione affatto straordinaria ed una grande varietà di vita di cefalopodi. Essi raggiunsero il culmine nel Giurassico. Un lento declinare cominciò nei mari del Cretaceo; ed alla fine di questo periodo essi se ne erano iti intieramente. Ma nelle roccie dell'era Mesozoica, ovunque condizioni favorevoli si ritrovano, questi gusci sono immagazzinati in moltitudini innumerevoli; e non meno di 5000 specie sono state descritte. Non

(1) Sir A. Geikie, « Text Book of Geology », Vol, II, pag. 108-109 (4ª ediz.).

(2) Chamberlin and Salisbury, « Geology », Vol. II, pag. 653.

tutte le unità dell'enorme assembramento delle Ammoniti possono essere raggruppate in una famiglia consanguinea; ma parecchie belle serie sono già state determinate. Quale fase finale nella storia delle Ammoniti vi appaiono molti generi cosidetti anormali, nei quali il guscio è irregolarmente arrotolato, oppure più o meno non avvolto, in alcune forme diventando realmente dritto. Egli è interessante di osservare che alcuni di questi generi non sono dei gruppi naturali, ma sono derivati ciascuno da parecchi generi atavici distinti, che furono sottoposti ad una simile sorta di degenerazione (1).

Origini dei Vertebrati.

Lo studio precedente è uno dei trionfi dello studio comparativo dei fossili. Approssimandosi periodi nei quali forme di terra, e reliquie degli animali più mobili furono conservate, cominciano le difficoltà. Nel Siluriano, per esempio, gli Ostracodermi, che rassomigliano a pesci nella forma generale, cominciano ad apparire; e vi sono squame e spine che appartengono ad una creatura della foggia dei pescecani. Cotesti sono i primi vertebrati riconoscibili od animali che hanno spina dorsale. Donde provennero essi? Noi abbiamo notato la decadenza dei Trilobiti durante questo periodo. Il loro posto, in fatto di numeri, sembra essere stato occupato dagli Euripteridi — un gruppo che comprende gli antichi rappresentanti dei granchi delle Molucche ed i scorpioni di mare. Essi furono massimamente abbondanti nel Siluriano, e, raggiunta la loro massima dimensione, quasi immediatamente dopo, gradatamente scemarono e divennero insignificanti. In altri termini vi fu una grande e subitanea espansione

(1) W. B. Scott, « Darwin and Modern Science », « The Palaeontological Record », pag. 198.

di vita Euripteride, appunto al tempo in cui sorsero i primi animali a spina dorsale. Si è supposto che quando gli Euripteridi erano nella loro giovinezza, ed il più verosimilmente stavano per variare, qualche variazione spinale di essi assunse una forma rassomigliante al primo animale munito di spina dorsale. Nel successivo periodo Devoniano i pesci si distribuirono largamente sopra l'emisfero nordico e « in quel tempo (1) cominciò subitaneamente un impulso considerevole verso la produzione di animali respiranti con polmoni, che può essere avvertito non solamente nell'Europa e nel Nord America, ma pure probabilmente tanto lontano quanto nell'Australia. Nella media e nell'ultima parte del periodo Devoniano la massima parte dei pesci veri avevano delle zampe a foggia di palette, che li rendevano atti a strisciare assai meglio che a nuotare..... molti di essi erano dissimili dai pesci veri, mentre andavan d'accordo cogli animali respiranti coi polmoni, ed alcuni erano simili tanto ai pesci quanto ai respiratori con polmoni ». (I pochi sopravviventi di questi al giorno d'oggi hanno una vescica d'aria che è effettivamente un polmone) (2).

Il pesce caratteristico del Devoniano quindi si approssimò più vicino agli animali di terra che qualsiasi pesce da allora in poi; ed è degno d'osservazione che circa questo periodo apparvero i primi amfibi. Nel periodo di poi (l'ultimo Carbonifero) essi divennero fermamente stabiliti, e tra quel periodo e l'era Mesozoica essi sembrano essersi diffusi sopra tutto il globo. I loro resti sono stati trovati nell'Europa, nello Spitzberg, nell'India, nell'Africa del Sud, nelle due Americhe, e nell'Australia. Questi anfibi primitivi (Labyrintho-

(1) Dr. A. S. Woodward, « Address to Geolog. Sec. British Assoc. », 1909, pag. 3 della ristampa.

(2) Vedere *Appendice B*.

donts) furono pertanto una razza vagabonda e vigorosa; sebbene abitando, com'essa fece il più sovente, in paludi, essi conservarono più o meno ciò che Woodward denomina il modello della salamandra. Solamente nei più recenti periodi dell'era Paleozoica alcuni fra i minori di essi divennero simili a lucertole od a serpenti. Fra quelli subitamente sorsero i rettili, tuttavia non già prendendo il posto degli anfibi sin da principio, ma restando di un'importanza secondaria sino all'albeggiare dell'era Mesozoica.

Rettili e Uccelli.

Allora i rettili cominciarono a regnare. Essi s'irradiarono in due modi; i conservatori rimanendo attaccati alle abitudini dei loro antenati, abitatori di paludi; i migratori, che furono in maggioranza, divenendo così simili ai mammiferi, che ci sembra di percepire la lotta della forza vitale che mira di raggiungere il più alto livello di un grado d'animale a sangue caldo. Non vi è gran dubbio che i mammiferi spuntarono prima della metà dell'era Mesozoica, sebbene essi fossero lungi dal surrogare sul momento la razza inferiore, o dall'esterminarla mediante una concorrenza disuguale. I rettili mantennero la loro posizione per tutti i modi attraverso la più gran parte dell'era Mesozoica, e non fu prima dell'era Terziaria che i mammiferi cominciarono a predominare.

Il primo degli uccelli appare nei tempi Mesozoici (Giurassici). Il più antico uccello fossile, che sia noto a noi, fu trovato nello schisto litografico di Solentrofen (Baviera). In questo tipo primitivo — l'Archoeopteryx, di cui il primo esemplare scoperto è nel British Museum di Storia Naturale — noi abbiamo un prezioso anello della catena di evidenze circa l'origine degli uccelli. « Quest'uccello », osserva W. P. Pycraft (1), « rassomiglia più da vicino ad un rettile

piuttosto che a qualunque altra forma conosciuta. I due esemplari di Berlino e di Londra concordano fra di loro nell'avere le mandibole munite di denti ed una lunga coda affusolata da lucertola, ma questa coda, come il restante del corpo porta delle piume..... Noi abbiamo in questo tipo primitivo non solamente un anello notevole nella catena di evidenze circa la sorgente da cui gli uccelli trassero le origini, ma pure una chiave la più preziosa per intendere alcuni caratteri da uccello, i quali altrimenti avrebbero da essere spiegati quali semplici congetture. Per tutto quanto riguarda i caratteri da rettili le principali caratteristiche sono i denti e la coda..... Non sfortunamente sino al periodo Cretaceo noi incontriamo di nuovo resti di uccelli, e questi sono ora divenuti tutti contrassegnati coi caratteri d'uccello in tutto e per tutto fuorchè nelle mandibole che ancora portano denti ». Woodward osserva che verso la fine del periodo Triassico spuntò una razza di piccoli Dinosauri rettili della struttura la più leggera possibile, la qual razza esibì molte caratteristiche suggestive dello scheletro dell'uccello : « così egli è probabile che questo più alto gruppo abbia pur tratte le origini sue da una primitiva comunità di rettili, nel più alto grado irrequieti, nella quale tutte le variazioni fossero più o meno nella retta direzione per il progresso ». In verità così strettamente concordano gli uccelli ed i rettili che Huxley li comprese tutti insieme colla denominazione di Sauropsidi.

Mammiferi.

Come le forme caratteristiche della vita nelle roccie Primarie furono i Molluschi ed i Crostacei insieme con alcuni strani pesci ed anfibii, e che le roccie Secondarie furono caratterizzate dal primo apparire di

molte forme strane di Rettili; così le roccie Terziarie sono distinte da abbondanza di Mammiferi. Questi sono divisibili in due classi: 1) i Mammiferi primitivi Arcaici, in parte discesi da antenati dell'età dei Rettili, ed aventi a mala pena qualche moderno discendente; 2) Mammiferi che sono gli antenati dei mammiferi moderni.

Le eccezioni alla generalità delle classificazioni precedenti sono poche. Delle miriadi di Rettili che hanno caratterizzato l'era Secondaria, soltanto due dei nove ordini in cui quelli sono stati suddivisi, sono stati trovati sì addietro come nel Permiano, l'ultimissima delle formazioni Primarie. Uno di questi rettili più primitivi ha un affine prossimo nella strana Hatteria, simile a lucertola, tuttora sopravvivente in alcune piccole isole lungo la costa della Nuova Zelanda, mentre altri che sembrano formare degli anelli di congiunzione con i mammiferi primissimi possono essere la forma atavica dalla quale sono discesi gli unici tipi dei più bassi Mammiferi viventi, l'ornitorinco, e l'echidna e il platipo di Australia.

Questi antenati ibridi furono dapprima scoperti nella formazione di Karoo nella Colonia del Capo, ma sono stati ritrovati di poi in alcune poche località dell'India, dell'Europa, del Brasile meridionale, e dell'America del Nord; sempre nell'ultimissimo degli strati Primari, o nel primissimo di quelli Secondari. Sul principiare di questo secolo il prof. Amalitzky di Varsavia trovò un ricco deposito nei banchi del fiume Dwina nella Russia Settentrionale; e molti di questi resti stupefacentemente perfetti si sono trovati essere identici con quelli dell'Africa del Sud; altri affatto distinti sebbene affini. Nel Nord-America i loro fossili furono pure presenti in grande abbondanza. Ma la cosa veramente notevole circa questi curiosi rettili, le cui rassomiglianze con ordini di vita più bassi e più

elevati si estendono in entrambe le direzioni, si è « che alcune centinaia di specie di forme e dimensioni svariate, erbivore e carnivore, dovrebbero essersi sviluppate gradatamente, sarebbero arrivate a maturità, e si sarebbero completamente estinte durante a periodi relativamente corti del Permiano e del Trias » (1).

Per tal modo, sebbene il periodo Terziario sia denominato per universale consenso l'Età dei Mammiferi, e si creda che esso siasi esteso per un periodo di 3.000.000 di anni, le origini ataviche dei mammiferi devono essere collocate forse 15.000.000 di anni più addietro. Circa i loro antenati intermedi noi non siamo meno perplessi. Verso la metà del secolo decimonono furono scoperte delle piccole mandibole con denti, appartenenti a mammiferi, in ciò che è noto come (2) strato di argilla con frammenti di calcare della formazione (Giurassica) di Purbeck, Swanage, e più recentemente dei resti molto consimili furono trovati in giacimenti della stessa epoca (ed anche del Cretaceo) nell'America del Nord. Si suppose che quelli fossero i primitivi Marsupiali mangiatori di insetti o Insettivori, e fossero affatto piccoli. Essi si trovano attraverso l'intiera serie del periodo Secondario, ma i resti loro sono eccessivamente scarsi, e gli animali stessi appaiono aver fatto a stento qualche progresso in tutto quell'enorme lasso di tempo. Ancora albeggia l'era del Terziario, e già son divenuti abbondanti i Mammiferi e veramente di grandi dimensioni. A. R. Wallace suppone (3) che la lacuna tra i giacimenti del

(1) « The World of Life », by A. R. Wallace, pag. 200 (Chapman and Hall), 1910.

(2) Il termine inglese è: *dirt-bed*, letteralmente: letto di fango. (*Nota del Traduttore*).

(3) « The World of Life », di A. R. Wallace, pag. 191.

Secondario e del Terziario fosse di tale enorme durata da concedere il tempo per la simultanea estinzione di numerosi gruppi di rettili giganteschi e per lo sviluppo in tutti i grandi continenti di mammiferi molto più elevati e svariati. Ma questo non ci adduce molto più vicini ad una soluzione del problema della sparizione dei rettili. Essi sopravissero in grandi forme terrestri ed acquatiche sino al termine del periodo Cretaceo; delle lucertole giganti marine ossia Mosasauri nel mare, e dinosauri erbivori e carnivori sulla terra. È stato detto che la loro scomparsa preparò la via ad un'evoluzione dei mammiferi (1), e con ciò s'intende dire che, senza dubbio la loro rimozione, quali competitori nel procacciarsi il cibo, abbia dato ai mammiferi una migliore opportunità di sopravvivenza, di diffusione, di sviluppo.

La natura cominciò da capo con i piccoli membri non specializzati della classe dei quadrupedi a sangue caldo lentamente a costrurre, nella famiglia dei mammiferi, i grandi animali che furono di nuovo per dominare la terra ed il mare. Verso la fine del periodo Cretaceo, sebbene molti rettili fossero estinti, ve ne furono alcuni che vissero ancora all'apice della specializzazione e della grandezza: ed i mammiferi che vivevano trepidando tra di essi, furono tutti senza eccezioni, di piccola statura, e di forme umili e non cospicue. Quindi viene il gran cambiamento. Alcuni geologi hanno interpretato la scomparsa dei rettili come un'illustrazione di deficienza di forza vitale, la quale avendo servito ad estollere una specie al suo più alto punto di sviluppo o di specializzazione, dopo di ciò vacilla come fiamma prossima ad estinguersi. Altri, tra i quali è il Dott. A. R. Wallace, attribuisce il

(1) Dott. Fairfield Osborn, « The Age of Mammals » (Macmillan, 1910) pag. 97.

cambiamento ad un'alterazione mondiale dell'atmosfera — un arricchimento od impoverimento del suo acido carbonico oppure del suo ossigeno. È pur alquanto plausibile di trovare un parallelo tra le condizioni atmosferiche alla fine dell'epoca Secondaria, e quelle che esistevano al termine dell'epoca Primaria. Lo sviluppo di vegetazione nel periodo Carbonifero imprigionò l'acido carbonico che era stato tratto dall'atmosfera. Le grandi formazioni di calcare durante il periodo Cretaceo possono similmente aver scemate le proporzioni di quel gaz nell'atmosfera, e così aver rese, tanto l'aria quanto l'acqua, meglio atte per i bisogni delle forme di vita più elevate, dotate di sangue caldo, e più attive.

Nello stesso tempo questa supposizione ha semplicemente un valore speculativo. Il fattore positivo non è già la cagione ma l'effetto. Sia che vi fosse, oppure che non vi fosse un cambiamento graduale di condizioni verso il finire del periodo Cretaceo, non vi ha dubbio che l'effetto mondiale non fosse lo stesso. I rettili giganti sia del mare, sia della terra scompaiono gradatamente dalla vita. I rettili sono tanto sensibili alla temperatura che egli è naturale l'attribuire questa loro estinzione ad un abbassamento generale di temperatura ossia refrigerazione (1), ma la flora non dimostra l'evidenza di ciò, nè nell'Europa, nè nell'America; nè vi è qualche evidenza di un qualche grande cataclisma geografico sulla superficie della Terra, perchè la transizione della vita vegetale dall'una all'altra età è intieramente graduale e moderata (2).

---

(1) « The Age of Mammals », di H. F. Osborn, op. cit. p. 98.

(2) Knowlton and Stanton, « Bull. Geol. Soc. Amer. » Vol. VIII, 1897, pag. 127-156.

L'epoca dei Mammiferi.

Non è inverosimile che nel futuro si proietti alquanta maggior luce su quella estinzione e sovra altre consimili, apparentemente mondiali, col considerare le cause dell'estinzione degli animali dell'epoca dei Mammiferi. Nella nomenclatura geologica, il termine *Era Cainozoica,* l'epoca di vita più recente, è generalmente rimpiazzato dal termine più antico, Terziario, che significa semplicemente il terzo periodo nella storia della vita. Il Cainozoico è suddiviso in due periodi, Terziario e Quaternario e sei epoche (1), cominciando colla più antica, l'Eocene.

Periodo Terziario.

Eocene. — Caratterizzato dalla prima comparsa di molti antenati dei mammiferi modernamente modificati e la sparizione graduale di molti dei tipi arcaici di mammiferi caratteristici dell'Epoca dei Rettili.

Oligocene. — Caratterizzato dall'apparizione di molti tipi esistenti di mammiferi e sparizione graduale di molti tipi più antichi.

Miocene. — Uno stato primitivo di modificazione tendente all'era moderna durante il quale vissero molti mammiferi strettamente consimili alle forme esistenti.

Pliocene. — Una vasta modificazione moderna dei mammiferi in cui tutti gli ordini esistenti e le famiglie sono note altrettanto quanto molti dei generi esistenti, *eccetto che poche specie o non esistenti.*

Periodo Quaternario.

Pleistocene. — Un periodo di vita durante il quale appare la maggioranza delle recenti forme dei mam-

(1) Osborn, op. cit.

miferi, e durante il quale avviene una grande estinzione naturale delle primitive forme in tutte le parti del mondo.

Olocene. — Tempo recente, caratterizzato dalla distruzione mondiale e dalla eliminazione di mammiferi.

Deve esser rammentato che in questo grande periodo di tempo, stimato di 3.000.000 di anni, i cambiamenti sulla faccia della Terra furono assai grandi. Dei continenti furono disgiunti, furono congiunti, furono nuovamente separati. Le Montagne Rocciose avevano cominciato l'innalzamento loro alla fine dell'Epoca dei Rettili. Ma al principio del tempo dell'Eocene le grandi montagne dei Pirenei, le Alpi e gli Imalaja non erano ancora nate; esse erano superfici pianeggianti bagnate dal mare. Non peranco la fine dell'Oligocene aveva fatto iniziare il sollevamento del potente sistema delle Alpi Svizzere, e l'Asia Centrale era persino allora pianura ed altipiano. Solamente durante il Miocene gli Imalaja, cioè le più grandi catene di montagne esistenti, cominciarono ad elevarsi alla « loro amicizia con il cielo ».

In questa vasta estensione di eventi vi era il tempo di variare per la storia della vita di un continente; per la vita di un continente v'era tutto il tempo di cominciare a fondersi in un'altra. La storia della vita dei Mammiferi essendo cominciata, e la sua continuazione essendo stata favorita dalle condizioni generali del globo, essa si alterò secondo certi leggi evidenti. La prima di esse è la « legge di irradiazione di adattamento » (1). Secondo questa legge ciascuna regione isolata, se grande e sufficientemente variata nella sua topografia, suolo, clima, vegetazione, darà origine ad

(1) Osborn, « Amer. Naturalist », Vol. XXXIV, 1902, pp. 353-363.

una fauna di mammiferi diversamente modificata. Dai tipi centrali primitivi spuntarono dei rami in tutte le direzioni, con denti, piedi, zampe munite d'artigli, cioè dei rami modificati per trar profitto di ciascuna evenienza possibile per assicurarsi il sostentamento, e nell'adattamento del corpo, delle estremità e dei piedi, alle abitazioni di varie sorta. Più è grande la regione, e più risulteranno diverse le condizioni, e più grande la varietà degli animali. Dai mammiferi primitivi omnivori, oppure dai piccoli insettivori, con semplici denti a breve corona, con piedi corti con artigli, i più recenti mammiferi divergerebbero in quattro direzioni. Essi diverrebbero scavatori, o nuotatori, o dotati di moto veloce, oppure adattati alla vita dell'albero. Nessun esempio è stato trovato di un mammifero che sia stato trasformato da un tipo acquatico ad un tipo terrestre; è sempre il rovescio che avviene. Nè si sono gli scavatori od i corridori mai mossi all'indietro verso i tipi dall'andatura lenta; sebbene i rampicatori sugli alberi qualche volta sembrino adottare abitudini terrestri.

La seconda legge è quella dell' « Evoluzione per analogia », un'espressione che comporta la sua propria spiegazione, e che può essere largamente interpretata col dire che i mammiferi nel loro adattamento a condizioni consimili di abitazione o di ambienti in parti diverse della Terra, sono andati replicatamente convergendo verso una rassomiglianza, o sono pervenuti ad una rassomiglianza nella loro forma esterna, e più o meno nella loro forma interna, altrettanto quanto in strutture separate.

La terza legge è quella dell' « Irriversibilità (1) del-

(1) *Irriversibilità* non esiste in Italiano; è peraltro indispensabile adottare qui un tale vocabolo appropriato ed intelligibile da tutti. (*Nota del Traduttore*).

l'evoluzione ». Per tal modo nell'adattarsi all'abitazione od all'ambiente vi può essere una profonda modificazione di forma, mercè la quale (per esempio) due dita del piede di un animale possono diventare uno solo. Queste parti perdute non sono mai riacquistate, nè possono tali profonde modificazioni di parti essere domate. Un organo ***specializzato*** non può giammai esser di nuovo ***generalizzato*** (1). Le parti perdute lo sono irreparabilmente. Ne consegue che mentre le condizioni di vita possono essere ricorrenti o riversibili, le condizioni di struttura modificate per adattamento non sono riversibili. Questa specializzazione estrema accompagnata da forte ingrandimento di certe parti, e da grande riduzione di altre parti, può collocare un mammifero come in una via senza uscita, per la struttura. Esso non può far qualche cambiamento su di sè per ritrovare un nuovo ambiente. Esso non può ridurre le sue parti ossee non necessarie oppure non più utili all'organismo suo; esso non può liberarsi del suo torso oppure delle sue zanne. I suoi precedenti vantaggi possono diventare svantaggi, ed essi possono diventare per quello una causa di estinzione.

Nell'era dei Mammiferi vi sono state parecchie crisi di estinzione. Osborn (2) osserva che in quell'epoca la grande legge di perfezionamento dei mammiferi per mezzo dell'***eliminazione dei meno adatti*** diventa più radicalmente compressiva come i tempi procedono. Egli divide l'era in ciò che egli denomina Periodi di faune. Vi è l'evidenza che al principio della storia dei mammiferi, tutti i grandi continenti fossero non solamente forniti a dovizia di vita esplicata in mammiferi, ma che durante l'era precedente dei Rettili avessero avuto luogo importanti migrazioni e scambi di vita

(1) Osborn, op. cit. pag. 34.
(2) Osborn, op. cit. pag. 172-4.

mammifera, costituendo così una distribuzione cosmopolita delle forme più primitive. Questi scambi e queste migrazioni, distribuzioni e ridistribuzioni, continuarono durante tutte le fasi della Fauna.

Nella prima fase, l'Eocene di base, vi furono solamente Mammiferi Arcaici. Nella seconda fase, l'Eocene inferiore, furono frammisti i Mammiferi Arcaici ed i Moderni, e l'antica regione Artica appare essere stata più calda. Nella terza fase l'Europa e l'America furono separate. Di poi nell'Oligocene, quando l'Europa e l'America furono di nuovo unite, i mammiferi Arcaici si estinsero. Nella fase successiva, il Miocene, l'Africa mandò i suoi animali attraverso all'Europa sino all'America, e l'Asia mandò pure dei migratori. Nella sesta fase, il Pliocene, il Nord ed il Sud America si scambiarono dei mammiferi. Nell'ultima fase il Pleistocene, vi fu un'estinzione mondiale.

Riassumendo in altra guisa questi periodi; l'Eocene fu testimonio dell'estinzione degli ***Ordini*** dei mammiferi Arcaici, l'ultimo Eocene dell'estinzione delle ***famiglie*** di mammiferi incapaci di adattabilità; il Miocene ed il Pliocene assistettero all'estinzione di ***generi*** inadattabili; il Pleistocene, all'estinzione di sorta altamente adattabili di mammiferi in certe parti del mondo, tanto di generi come di specie.

Persino l'adattabilità, come si può vedere, non salva sempre un tipo, ma è forse quello un altro modo di esprimere che il tipo estinto non è abbastanza adattabile. Le cause generali di estinzione sono convenientemente bene riconosciute. I mammiferi arcaici avevano per solito cervelli piccolissimi. Questa potenzialità limitata di cervello pose questi quadrupedi in una condizione svantaggiosa in confronto cogli animali più elevati fra quelli dotati di placenta. Una potenzialità di cervello migliore, colle sue conseguenze di accortezza, prontezza, speditezza di ripieghi, pone un

tipo in grado di trarre il miglior partito possibile delle condizioni da cui esso è circondato, e quando vi è competizione per procacciarsi il cibo, lo pone in grado di rimanere vittorioso nella gara. I quadrupedi moderni differiscono ampiamente tra di loro per questo riguardo; nelle pianure occidentali dell'America del Nord, per esempio, i cavalli colla loro dovizia di mezzi salvano le loro vite dove perisce il bestiame. Un milione di anni prima gli antenati del cavallo misuravano la loro potenzialità contro l'ora estinto Fenacodonte — che aveva bensì dei buoni denti, ma cervello minore e piedi inferiori — e sopravvissero a quelli. Denti e piedi capaci di sviluppo appropriato sono gli altri fattori associati pella sopravvivenza. Dove l'evoluzione di un animale porta allo sviluppo di zanne e di corna (utili senza dubbio nel combattere) i denti molari sono atti a dimostrare lo sviluppo arrestato. Il solo volume non dà preavviso dell'estinzione; esso è fatale principalmente quando il povero meccanismo nutritivo e la bassa potenzialità di cervello vanno d'accordo con quello. La bassa potenzialità cerebrale può impedire alle femmine di aver cura tanto della loro prole, quanto di loro stesse. Nella completa potenzialità cerebrale sembra essere riposta la più utile qualità per la sopravivenza, ma in alcuni casi, come quelli dei rinoceronti estinti e dei mastodonti, essa venne meno. Dei cambiamenti di clima, di umidità, di essicazione, di temperatura; l'introduzione di parassiti; l'estensione o la limitazione di aree di terre colle variazioni corrispondenti di provviste di alimenti; la sostituzione di condizioni insulari in luogo di quelle continentali — sono tutte cause potenti nell'esterminio in certe località, e qualche volta della sopravivenza, di forme molto primitive.

La sorgente della provvista mondiale di mammiferi le grandi case, i centri, o continenti, da cui si svolsero

gli ordini ed assunsero le loro forme distintive, rimane un problema non ancora intieramente risolto. Ma un largo delineamento di una soddisfacente generalizzazione va gradatamente compiendosi. Per gran tempo fu supposto ragionevolmente che, dappoichè le più grandi masse di terra nel globo sono nel Nord, il teatro dell'evoluzione dei mammiferi fosse in quell'emisfero, e che da quello essi si fossero sparpagliati verso il Sud. Vi fu, come fu allora supposto, un grande centro nordico di evoluzione e di dispersione tanto di piante quanto di animali. Quand'anche una tale ipotesi fosse eccessiva rimane il fatto indiscutibile che le parti più nordiche dell'Europa, dell'Asia, e del Nord America formarono il più grande centro creativo, probabilmente durante l'età dei Rettili, e certamente durante l'età dei Mammiferi.

Ma quest'ipotesi eclettica è stata disturbata dalla scoperta (affatto completamente una scoperta del ventesimo secolo) che l'Africa è stata altresì un importante centro dell'evoluzione dei mammiferi. La più gradita verifica di questa teoria fu ottenuta nel 1901 quando il Dott. C. W. Andrews (1) ed il Sig. Beadnell annunciarono la scoperta di numerosi fossili di mammiferi terrestri negli strati nell'Eocene superiore e dell'Oligocene inferiore, del distretto di Fayum nell'Egitto. Una scoperta tenne dietro ad un'altra, e l'Africa, ben lungi dall'essere un continente che avesse ricevuto dal Nord i suoi mammiferi, si dimostrò essere stato un gran posto di allevamento tanto degli animali che susseguentemente errarono per l'Europa, quanto di altri tipi fino ad ora sconosciuti. Gli antenati degli animali muniti di proboscide (mastodonti ed elefanti)

---

(1) Cfr. C. W. Andrews, « A Descriptive Catalogue of the Tertiary Vertebrata of the Fayum, Egypt ». London (1906).

e gli Iracoidi (antenati delle Procavie) (1) furono successivamente colà trovati: non meno che il gigantesco ***Arsinotherium*** un grande quadrupede erbivoro con un paio di grandi corna sulla parte frontale del cranio. Le Sirene o vacche marine furono ricostituite nelle forme loro primitive, e di poi gli antenati delle balene arcaiche, ossia i Zeuglodonti, un gruppo pur previamente scoperto colà, furono restituiti nei loro primi stadi di evoluzione.

Ancor più recentemente un'opinione fu emessa dapprima da Sir Joseph Hooker e più pienamente da Rutimeyer, il paleontologo Svizzero, che vi fosse un grande continente Antartico di clima più mite e più uniforme, che fosse il centro dell'evoluzione e della distribuzione della vita; ed essa ha ricevuto grande appoggio e si è concepito che il Sud America possa esser stato un teatro di evoluzione paragonabile all'Africa. In questo modo l'America del Sud è descritta quale avente un'affinità primitiva stretta coll'America del Nord, ma quale avente un'affinità ancora più antica coll'Australia, attraverso e per mezzo di un continente Antartico.

---

(1) Il genere Iracoide attualmente sopravivente era sino a pochissimi anni or sono, costituito da una specie sola: ora se ne annoverano due o tre. Per la sua costituzione l'esistenza di questo genere ai giorni nostri viene considerata come un'anomalia; quindi esso vien soprannominato un *fossile vivente*.

(*Nota del Traduttore*).

CAPITOLO XIX.

La durata dell' uomo.

Epoche glaciali e terrazzi fluviali. - Il *Pithecanthropus erectus*. - Cranii di Neander e di Spy. - L'aspetto dell'uomo primitivo. - Uomini di Cromagnard o di Reindeer. - Armi ed attrezzi dell'uomo Paleolitico. - Eoliti. - L'Europa nell'età Paleolitica. - Vita dell'uomo Paleolitico. - Classificazione di razze. - L'uomo Neolitico. - L'avvenire del pianeta.

Tra le deficienze delle memorie fossili nessuna è cagione di perplessità maggiore di quanto nol sia quella che si riferisce al periodo della venuta dell'uomo. La scarsità delle reliquie e le interpretazioni diverse a cui si presta l'evidenza, illustrano le difficoltà nel dedurre conclusioni degne di fede dagli avanzi fossili di altri animali incomparabilmente meno recenti. L'evidenza è di due sorta; quella che è fornita dagli avanzi dell'uomo; e l'evidenza indiretta dei posti dove quelli furono ritrovati, e di altre reliquie nelle vicinanze loro. In nessuno dei casi vi è l'evidenza incontrovertibile. Alcune delle reliquie possono non lasciar dubbio che siano dell'uomo. L'evidenza corroborativa può essere discussa.

In primo luogo circa l'età delle reliquie. Esse appartengono quasi fuor di questione al Pleistocene o periodo Quaternario, durante il quale avvenne quella che noi possiamo continuare a denominare la grande epoca glaciale. Secondo l'autorità la più generalmente accetta, Penck (1), vi furono quattro periodi glaciali

---

(1) A. Penck ed E. Brückner, « Die Alpen in Eiszeitalter », Leipzig 1901-908, uscito a dispense, non ancora completo pag. 1172.

nell'epoca glaciale, ciascuno dei quali interrotto da periodi non glaciali e fertili. Una parte dell'evidenza sulla quale si appoggia Penck, è fornita dall'esistenza di terrazzi fluviali entro valli una volta occupate da ghiacciai. L'avanzata, durante tutta un'età, di un ghiacciaio scaverebbe una valle e deporrebbe dei materiali per un terrazzo ai suoi lati. Nel periodo della lunghezza di un'età di ritirata del ghiacciaio, il terrazzo si consoliderebbe nella sua posizione e la valle diverrebbe tutta cosparsa di sabbie e di ghiaie dell'erosione fluviale. Si trovò che questo processo si è ripetuto quattro volte, e vi è una prova corroborativa della verità di tal deduzione. « Le quattro terrazze sono dirette quasi fossero righe attraverso l'ultima pagina della storia terrestre. Esse sono linee orizzontali di sezione, quasi fossero tracciate attraverso l'ultima pagina, che ci pongono in grado di dividere il Pleistocene o l'epoca Quaternaria in otto età, la prima, seconda, terza e quarta età glaciale ed una consimile successione di età fertili interposte a quelle. Noi siamo per tal modo muniti di una scala cronologica alla quale noi possiamo riferire gli eventi i più importanti nella storia primitiva della razza dell' uomo » [Sollas] (1). Egli è nelle ghiaie coetanee di queste morene che gli avanzi dell'uomo e dei resti evidenti dell'attività umana sono ricercati. Tra le evidenze offerte dalle ghiaie vi sono selci sepolti in esse, che, in alcuni casi, possono essere stati foggiati dall'uomo, ed usati dall'uomo come armi od attrezzi. Una questione che è della massima importanza, e che è continuamente ridestata da nuove scoperte, si è se qualcuna di queste

(1) W. J. Sollas, « Palœolithic Races », « Science Progress », 1908-1909. Il Dott. James Geikie riconosce sei epoche glaciali ed alcuni geologi Americani anche sette. Il Prof. Marcellin Boule riconosce l'evidenza di tre soltanto.

armi od attrezzi possa essere assegnata ad un periodo anteriore al Pleistocene. Più di una volta è stato asserito che questo o quel cranio è stato trovato in un giacimento del Miocene o del Pliocene (1); ma tale evidenza non è stata soddisfacente per le prove addotte. Nel caso di questi crani fossili che sono, senza ammettere controversia, di origine umana, noi siamo ora in grado, tuttavia, di distinguere sei stadi nella storia dell'uomo Paleolitico; il Chelleano, l'Acheuleano, il Mousteriano, l'Aurignaciano, il Solutriano ed il Magdaleniano, alcuni dei quali suscettibili di ulteriori suddivisioni in due o più sotto-stadi. Oltre queste dinastie stanno i crani e gli altri avanzi di creature che possiedono, per dire il vero, caratteristiche umane, ma posseggono altrettanto delle caratteristiche di scimmie.

Il Pithecanthropus erectus.

Uno dei meglio conosciuti si è il cranio che fu trovato in Giava dal Dott. Dubois nel 1892, e che è stato assegnato ad una forma primitiva di uomo simile a scimmia denominato ***Pithecanthropus erectus***. Un monumento segna il punto in cui fu ritrovato questo primissimo uomo vicino al villaggio di Trinil; il cranio di esso è stato esaminato da ogni anatomo in Europa; ed il posto è stato rivisitato nel 1906 dalla Signora Selenka e dal Sig. Carthaus. La spedizione non trovò più dei cranî, ma essa trovò indizi di armi primitive di osso, e, si dice, vestigia del fuoco che l'uomo primitivo di Trinil aveva acceso. Quando il cranio fu trovato, dapprima fu detto da Dubois che esso apparteneva al periodo Pliocenico. Ciò però non fu a lungo creduto; ed è adesso asserito che esso appar-

(1) Circa l'evidenza dell'Uomo del Pliocene vedere *Appendice C.* (*Nota del Traduttore*).

tenga più probabilmente all'epoca Quaternaria (1). Ma l'età di esso non è il solo punto in discussione. Tutti gli anatomi sono concordi nel riconoscere che il cranio di Trinil era quello di una creatura simile tanto all'uomo quanto alla scimmia; ma è argomento di discussione sino a quale altezza il proprietario di quel cranio avesse ascesa la scala tra la forma più bassa e quella più elevata. A giudicare dalla forma sfuggente all'indietro della fronte sua, quella creatura era meno intelligente di un *scimpanzè*. Ma dopo tutto il cervello conta molto più della scatola che lo racchiude. La capacità interna della calotta cranica del *Pithecanthropus* è stata altrettanto accuratamente misurata quanto possa esserlo; e la cavità ha un volume di 850 centimetri cubici. Questo è meno dell'ordinaria capacità di qualunque essere umano normale e sano; poichè cotesta capacità dell'uomo non giunge mai al disotto di 880 cent. cubici; ma essa è pure più alta della capacità cranica delle scimmie le più elevate, la quale, com'è noto, non oltrepassa 600 centimetri cubici. Se noi giudichiamo da questi criteri, « l'uomo » di Trinil deve esser stato molto prossimo ad un uomo. Vi è motivo di credere che esso poteva parlare. La facoltà della parola risiede in una circonvoluzione del cervello denominata area di Broca. L'area della favella dell'uomo di Trinil è due volte più grande di quella delle scimmie antropoidi, sebbene essa sia soltanto grande la metà di quella dell'uomo. Il cranio non è stato il solo osso trovato appartenente ad esso. Gli altri ossi inducono a supporre che esso camminasse eretto e che la di lui altezza fosse all'incirca quella di un Inglese di media statura. Rimane però dubbioso se egli fosse il rappresentante più alto

(1) « Neues Jahrbuch f. Mineral », Stuttgart, 1907, pag. 256, del Prof. Volz di Breslavia, il quale ha compiuto uno studio speciale su quel distretto.

della razza umana del suo tempo. Le scimmie antropoidi lo avevano certamente preceduto, poichè esse sono trovate nel Miocene medio, come lo sono pure le varie scimmie dell'antico continente, e le scimmie inferiori (1). Nel Miocene il mastodonte non era peranco stato sostituito dall'elefante; il cavallo aveva ancora tre dita al piede.

Cranî di Neander e di Spy.

Un cranio che è di un interesse storico ancor maggiore è quella di Neander, che fu trovato in una spelonca a 60 piedi (18 m.) sopra il fiume Dussel, dove esso scorre attraverso un burrone detto la Neanderthal (Valle di Neander). Esso era sepolto nella dura marna del suolo dove esso deve esser stato a giacere dacchè il fiume scorreva a livello della grotta. Durante lo sterramento esso fu guasto, ed è così dissimile dal cranio di qualunque essere umano esistente che quando esso fu discusso da principio, cioè mezzo secolo fa, Huxley fece eccezione da ogni altro nel dichiararlo un cranio di uomo. Un certo numero di avanzi è stato dopo d'allora trovato che conferma il di lui giudizio, ed il cranio di Neanderthal ha dato il

(1) La lingua Inglese ha due termini riferentisi entrambi alle scimmie. *Ape* (Inglese antico e di uso generale sino al XVI secolo) applicasi ora più specialmente alle scimmie senza coda ed antropomorfe. *Monkey* (introdotto nel XVI secolo) viene applicato a tutti i Primati ad eccezione dell'uomo e dei lemuri. Sebbene sia grande l'analogia di *monkey* con *monk*, tuttavia ben diversa ne è l'origine. *Monk* corrisponde a *monachus*, in greco: uomo solitario. Invece *monkey* discende da *monnekin*, che sarebbe derivato da *monicchio* (Florio, 1598, antiq.) diminutivo di *monna* o dello spagnuolo *mona* (scimmia). *Monna* e *bertuccia* (da Berta) si nomavano anticamente le scimmie. È verosimile che dei commercianti italiani siano stati i primi importatori di scimmie nelle isole Britanniche e vi abbiano pure importato il loro nome d'uso corrente. (*Nota del Traduttore.*)

suo nome alla primissima razza riconoscibile, gli uomini di Neanderthal.

Altri avanzi rinvenuti di poi, dello stesso genere del precedente esempio, includono due scheletri pressochè completi provenienti da Spy, i cranî dei quali sono tuttavia imperfetti; vari frammenti rappresentanti forse una dozzina di uomini antichi provenienti da Krapina nella Croazia, ed un cranio proveniente da una grotta di Gibilterra, che è rimasto nel Reale Collegio di Chirurgia per più di quarant'anni. Altri frammenti, come ossa di mandibole, sono stati scoperti in varie località d'Europa durante l'ultimo mezzo secolo e da quelli un'idea accurata e ragionevole di ciò che fosse l'uomo di Neanderthal può essere messa assieme. Delle scoperte più recenti hanno confermato tale concetto (1).

Un cranio ben conservato del tipo di Neanderthal fu trovato a La-Chapelle aux Saints nel distretto di Corrèze (Francia) nel 1902; ed esso faceva parte degli avanzi di un qualche uomo antico che era stato realmente seppellito in una tomba primitiva — probabilmente con delle provviste per accomiatare in tal guisa il dipartito. Il cranio è di grande importanza perchè esso collega insieme, come si può dire, le speculazioni fondate sulle reliquie incomplete che l'avevano preceduto. Il « cranio di Corrèze » ha un altro gran punto d'interesse che è quello, secondo il Professore Marcellino Boule di Parigi che lo ha accuraratamente esaminato, di avere una capacità cerebrale di 1600 cent. cubici. Se tal misurazione dev'essere tenuta in conto di precisa, allora l'uomo di Neanderthal aveva una cavità cerebrale altrettanto grande e forse maggiormente grande di quella d'un moderno

---

(1) Vedere *Appendice D.* (*Nota del Traduttore*).

Europeo. Le regioni del cervello erano, tuttavia, differentemente distribuite.

Due altri cranî dello stesso tipo e razza furono scavati nella valle della Dordogne presso Le Moustier, rispettivamente negli anni 1908-1909, e ad Heidelberg una mandibola fu trovata nel 1909, che fu dapprima attribuita ad un'età più antica di quella degli uomini della Neanderthal. Realmente, come altri cranî, si disse dapprima che esso appartenesse all'era Terziaria. Quella speculazione non è stata mantenuta. Il cranio di Heidelberg è stato assegnato all'età Quaternaria; sebbene si sia preteso che esso appartenesse ad una razza che poteva aver preceduto gli uomini di Neanderthal, e che ad ogni modo fosse di un tempo più primitivo che quello dei cranî e degli scheletri trovati vicino a Le Moustier. Il tipo del cranio di Le Moustier ha dato il nome suo all'era di suddivisione degli uomini di Neanderthal (l'età Mousteriana). Gli uomini Mousteriani vissero durante una delle epoche più fredde. La razza anteriore ad essi, che aveva lasciato dietro di sè, se non gli scheletri loro, almeno ad ogni modo alcune delle armi loro di quarzo, presumibilmente aveva conosciuto un clima più temperato. Essi sono denominati gli uomini di Chellean, da un comune Francese dove furono scoperte delle selci in compagnia di quelli. Il Dottor Schoettensack crede che la mandibola di Heidelberg appartenga ad una razza più vecchia e dotata di più forte mandibola, che non quella degli uomini di Neanderthal, ed è sostenuto nella sua opinione da Sollas, il quale osserva che sebbene il cranio abbia alcune caratteristiche scimmiesche, esso tuttavia è senza dubbio di un uomo.

Aspetto dell'Uomo primitivo.

La faccia dell'uomo primitivo, della quale noi dobbiamo naturalmente occuparci per ottenere la nostra

prima impressione di quello, era dissimile da ogni altra razza esistente, sebbene il Dott. R. S. Lull (1) dica che accidentalmente alcunchè del di lui tipo ritrovasi nell'uomo moderno, notevolmente in St. Mausberg, un vescovo medio-evale di Toul, ed in Lykke, uno scienziato Danese, altrettanto come tra gli aborigeni Australiani e della Melanesia. Questi sono regressi atavici. L'uomo di Neanderthal aveva un cranio che, guardato dall'alto, aveva qualche cosa di approssimantesi alla forma pentagonale.

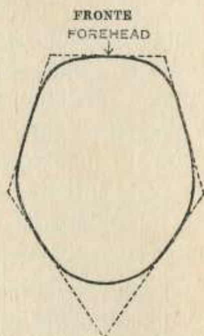


Fig. 24.

Vista di fronte la faccia era degna d'osservazione per le sue grandi arcate sopracigliari sporgenti, una sorta di cresta sopra gli occhi molto affondati, che avevano orbite grandissime. Il fronte, al di sopra di quella pesante e spessa cresta sopraorbitale, sfuggiva repentinamente all'indietro. Il naso era pur grande, con nari molto dilatate, e probabilmente era simile ad un grande muso. Il labbro superiore era lunghissimo; vi era una grande distanza dalla glabella (ossia l'origine del naso tra gli occhi) alla bocca, ma il mento non era sporgente in avanti. Esso piuttosto si ritraeva all'indietro, sebbene la mandibola fosse fortissima ed avesse il punto più forte dove ora essa è più debole, nella regione dei denti della saggezza fortemente sviluppati. L'uomo di Neanderthal non era alto. Lull lo descrive come un uomo di bassa statura, che misurava in posizione eretta soltanto 5 piedi e

(1) « Restoration of Palœolithic Man », R. S. Lull, « American Journal of Science », Vol. XXIX, N. clxxix, Febbr. 1910, pagina 171-2.

tre pollici d'altezza (m. 1,60), ma di grande forza fisica come è indicato dalla robustezza delle ossa delle estremità e specialmente delle giunture. Una gran potenza è dimostrata nella porzione superiore del tronco e nelle braccia. Quest'uomo non camminava completamente dritto. I suoi ginocchi erano un poco piegati, come indicano i suoi femori curvi; e la curva verso l'interno della spina dorsale così caratteristica dell'uomo moderno è appena debolmente sviluppata. A dispetto della di lui forza egli camminava piuttosto come un ragazzo od un vecchio curvato dagli anni. La parte inferiore della gamba, dal ginocchio all'ingiù, era relativamente corta, ed il pollice sporgeva fuori un poco, sebbene da lungo tempo esso avesse perduto la sua somiglianza col pollice delle scimmie. Così pure se n'era andata la pesante pancia della scimmia antropoide, perchè l'uomo aveva cessato di essere un vegetariano. Egli era uno strenuo ed astuto cacciatore, poichè i resti di vari animali che egli ammazzava per procacciarsi il cibo furono trovati tumulati insieme coi propri resti, ed egli era come intagliato ben nettamente e fortemente come l'Indiano dell'America del Nord. La razza più prossima a quella di questi uomini è oggidì quella degli aborigeni Australiani. Per statura essi non differiscono largamente, nell'apparenza faciale essi hanno qualche rassomiglianza, e le capacità delle loro calotte cerebrali erano moltissimo consimili. Egli è un punto da esser notato che gli Australiani sono simili agli Europei di oggidì nell'avere i capelli ondulati (cotanto distinti dai ricciuti come i negri, o da quelli con capelli piatti come gli Indiani); ed essi inoltre rassomigliano a noi nell'abbondante sviluppo della barba.

Gli uomini di Cromagnard.

Al seguito degli uomini di Neanderthal vennero gli uomini di Cromagnard o di Reindeer, come li chiama Sir E. Ray Lankester (1). I primi crani della loro razza furono trovati a Cro Magnon nella Francia Centrale. Alcuni degli uomini di questa razza furono molto alti di statura — uno degli scheletri delle grotte di Mentone è quello di un uomo alto 6 piedi e tre pollici e $^1/_2$ (m. 1,92). Essi avevano una buona capacità cerebrale; i disegni che essi hanno lasciato nelle grotte ed i loro belli intagli provano che essi avevano abilità artistica ed una natura ben sviluppata. Essi avevano crani spessi, sebbene essi non avessero l'enorme spessore attorno al fronte degli uomini di Neanderthal; essi avevano dei nasi fini e stretti, e forti mandibole; quantunque la mandibola non avesse uno sviluppo eccessivo come nel negro moderno. Essi erano una razza di testa allungata piuttosto che di testa rotonda (2).

Recenti scavi fatti accuratamente dal Principe di Monaco in quattro caverne a Mentone, dove un numero di scheletri di quell'epoca è stato portato alla luce, indica l'esistenza di un'altra razza. « In una delle grotte (3), ed in una posizione che li dimostra datare dal più profondo strato del Medio Pleistocene, una tarda età glaciale, sono stati trovati due scheletri completi, i quali ovviamente sono differenti da quelli di entrambe le genti di Neanderthal e di Cromagnard. Essi hanno dei crani che decisamente rassomigliano a quelli della razza del negro moderno, cosicchè essi

(1) Articoli sugli uomini di Neanderthal e delle spelonche nella « Science from an Easy Chair ». Sir E. Ray Lankester (Methuen).

(2) In termini tecnici: essi erano dolicocefali piuttosto che brachicefali. (*Nota del Traduttore*).

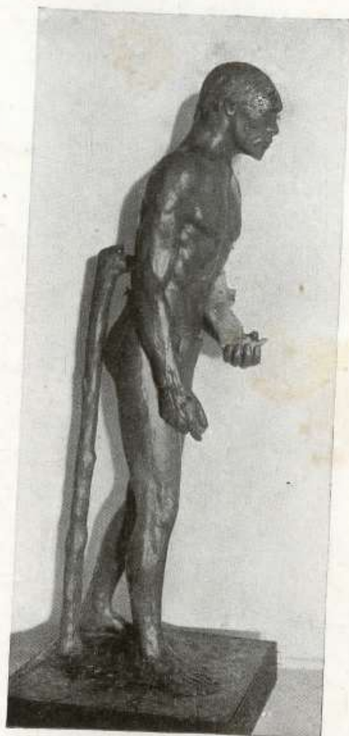
(3) Ibidem, pag. 398.

sono stati definitivamente assegnati ad una nuova razza fin qui sconosciuta nelle grotte Europee, e si dice siano degli « scheletri di negroidi » oppure della « razza Grimaldi ». Questo è veramente un fatto sorprendente..... Questi scheletri suggeriscono l'idea che vi fosse di già una razza negroide nell'Africa, alcuni individui della quale avrebbero errato tanto a Nord da giungere sino alle Alpi Marittime ». La deduzione fatta da questa scoperta si è che in quel periodo remoto vi fossero di già tre grandi rami esistenti della razza umana — la razza negroide ricciuta, gli uomini di Neander, e quelli di Cromagnard, altamente sviluppati. In età più tarda, il posto degli artistici Cromagnard fu preso dagli uomini Neolitici, che potevano fare bene delle armi di selce, veramente meglio di molto che ogni altro dei loro predecessori, ma che furono una razza ottusa se paragonata coi Cromagnard. Noi non possediamo ancora indizio alcuno donde siano sorti questi tardivi Neolitici e come siansi sviluppati, nè che vi fossero dei loro contemporanei in altre parti del mondo (1).

Armi ed attrezzi.

Per l'evidenza dei crani noi ritorniamo a quelle forniteci dalle armi e strumenti che lasciarono questi uomini primitivi, dai disegni che alcuni di essi fecero, e dalle reliquie degli animali che sono presunti essere stati contemporanei con essi. Le armi di quarzo e gli strumenti sono all'ingrosso divisi in quelli fatti dagli uomini più antichi, ossia Paleolitici, ed i più rifiniti articoli fatti dagli uomini Neolitici, i quali, continuando la storia dell'uomo attraverso a quella che vien detta età della pietra, la conducono sino entro i limiti della memorie storiche. Ma in numerose località sono state

(1) Vedere *Appendice E.*

Una ricostituzione dell'uomo primitivo

(Coll'autorizzazione del Dott. R. S. Lull, dell'Università di Yale)

trovate delle forme di selci scheggiate, che sono, sotto più d'un aspetto, più rozze che gli arnesi di quarzo e che le armi, le quali sono accolte senza cavilli come lavori dell'uomo. Tra i posti dove questi selci curiosi furono trovati vi fu Ightham nel Kent. Colà il Signor Benjamin Harrison le ha ritrovate sulla cima di piattaforme elevate di tale età che se esse possono essere ammesse quali di lavorazione genuina dell'uomo esse ricaccerebbero indietro le prime apparizioni della razza umana oltre quella di qualsiasi cranio sinora trovato, e le assegnerebbero al periodo terziario. Questi frammenti di quarzo furono sottoposti all'esame di Sir J. Prestwich, e degli esemplari di esse si possono vedere nel Museo di Storia Naturale. Esse sono denominate Eoliti, e la discussione circa all'essere desse artificiali oppure accidentali ha dato origine alla controversia Eolitica.

Esse non furono le sole ad esser rinvenute. A Thenay cinquant'anni addietro l'Abate Bourgeois scoperse alcune selci così scheggiate nei depositìti del terreno Terziario (Oligocene), e la scoperta di Thenay può essere considerata come il punto di partenza della supposizione dell'esistenza dell'uomo Pre-glaciale. Dopo d'allora sono state trovate delle selci scheggiate a Puy Cormay in Alvernia, dove non vi è dubbio circa la data dei giacimenti; essi sono certamente del Terziario; la sola cosa in discussione è il carattere artificiale delle pietre (1). È dessa una quistione in cui le più alte autorità non sono pervenute a trovarsi d'accordo. Uno dei principali oppositori all'origine artificiale di quelle è il Prof. Marcellino Boule. Nel corso delle indagini sue concernenti le forme delle selci, il Prof. Mar-

(1) Per carattere artificiale intendasi il carattere di essere quelle pietre lavorate ad arte, e non già scheggie naturali.
(*Nota del Traduttore*).

cellino Boule trovò una manifattura di cemento presso Mantes dove delle selci erano « lavate » con i materiali del cemento ed erano assoggettate a dure collisioni ed urti per circa 24 ore prima di essere scagliate tra i « rifiuti » della manifattura. In quest'accolta di rifiuti egli afferma di poter trovare ogni varietà di cosidetti Eoliti, con tutti i contrassegni suppositizi della lavorazione dell'uomo — « bulbi di percussione », « estremità acuminate », « intaccature curvilinee », e « spigoli ritoccati ».

D'altro lato una larga scuola di « preistorici », dei quali il Sig. Rutot, che cominciò col diffidare degli Eoliti, è un distinto rappresentante, vigorosamente mantiene una fiducia nel carattere artificiale di queste selci; ed essi osservano che il caso del Sig. Boule sarebbe più probante ov'egli potesse trovare selci rassomiglianti ad Eoliti veri in posti in cui esse *non* fossero state assoggettate a trattamenti così artificiali come quelli che le selci ricevono a Mantes. Il metodo positivo del Signor Rutot è innegabilmente scientifico per carattere; poichè egli s'ingegna di delineare le rassomiglianze tra queste selci Eolitiche e quell'altre, le quali (di epoca posteriore) sono ammissibilmente arnesi o attrezzi Paleolitici. Egli è impossibile nel presente grado di circostanze di arbitrarsi a pronunciare un giudizio sulle opinioni delle due scuole, ma mentre da un lato il Prof. W. J. Sollas osserva che nessuna sufficiente evidenza è stata finora ottenuta dall'esistenza dell'uomo o dei di lui immediati precursori in una qualche epoca prima del Pleistocene, tuttavia tanto questa autorità, quanto Sir E. Ray Lankester, entrambi confermano una certa credenza nei caratteri artificiali di alcuni Eoliti. Degli esempi ulteriori di selci scheggiati dall'epoca Terziaria, che sono discutibilmente artificiali per caratterè, sono stati ottenuti da ricerche varie compiute in Olta presso Madrid, in

Burma, nel Norfolk orientale, in Boncelles, e nel Karoo. Noi abbiamo di già discorso delle selci scheggiate trovate da Harrison sugli altipiani di Kent. Il Prof. Rutot le assegna al Pliocene, dell'era Terziaria, Ma, abbia egli si o no ragione, vi sono alcune ragioni ritenute per buone dal Prof. W. J. Sollas e da altre autorità per riferirle ad un periodo anteriore all'Età cosidetta Paleolitica; e, mentre la « controversia Eolitica », con tutte le quistioni ad essa attinenti è ancora lungi dall'essere regolata, si può forse azzardare l'opinione che una razza di uomini abbia esistito ed abbia lasciate delle vestigia di loro stessi prima del tempo dell'uomo Paleolitico inferiore (1).

L'Europa nell'Età Paleolitica.

L'uomo Paleolitico inferiore si presenta munito di varie credenziali; ed il Prof. Sollas ha delineato un quadro dell'Europa, nello stato in cui la trovò quell'antica razza (2). « Tutto il continente d'Europa aveva ingrandito i suoi confini e l'Atlantico veniva ad infrangersi contro una spiaggia giacente lontano a ponente delle Isole Britanniche, lungo una linea dove adesso i sondaggi rivelano una profondità di 100 tese (m. 180). Il suo aspetto sarebbe come se l'oceano fosse sprofondato di 600 piedi. Il mare d'Irlanda, il canale d'Inghilterra, e l'Oceano Germanico, per tal modo abbandonati dalle acque, formavano come le parti piane di una vastissima vallata, irrigata da molti grandi fiumi. Il Reno, con i suoi tributari, l'Elba ed il Tamigi, trascorreva rapidamente e maestosamente in larghi meandri verso il Nord finchè esso sboccava nel mare non lungi a Sud delle isole Faeroe; la Senna, raccogliendo le acque del Sud dell'Inghilterra e del Nord della Francia nel suo corso continuava il cammino suo

(1) Vedere *Appendice F.*

(2) « Science Progress », Gennaio, 1909.

attraverso le fertili pianure del Canale d'Inghilterra finchè essa entrava nell'Atlantico ad un centinaio di miglia a ponente dall'estremo punto occidentale della Bretagna o Cornovaglia; e le più profonde parti del mare d'Irlanda formavano dei grandi laghi d'acqua dolce provveduti di salmoni, antenati degli attuali.

« Nel Sud noi avremmo potuto cercare invano l'Adriatico, ed al posto del Mediterraneo noi avremmo scoperto due ristretti mari interni, separati da un lungo istmo, che si estendeva dall'Africa settentrionale, attraverso alla Sicilia, nell'Europa Meridionale.

« All'estremo Est, l'Asia era probabilmente unita coll'America, attraverso lo stretto di Bering, da un tratto di terra che si estendeva verso Sud ad una distanza mal nota, forse completando l'arco delle isole Aleutine, ora rappresentate sulla mappa da una linea semplicemente punteggiata.

« All'estremo ponente ed al Nord un antico ponte, che doveva di poi spezzarsi nell'Islanda e nelle isole Faeroe, poteva sussistere ancora, ed univa l'Europa con la Groenlandia e l'Est dell'America del Nord.

« In alcune località, d'altra parte, il mare penetrava alquanto più addentro nelle terre, come, ad esempio, dove l'Oceano Artico ricopriva tutta la regione del golfo dell'Obi.

« Un viaggiatore partendo da questo antico mondo dalle sponde del Tamigi avrebbe potuto percorrere la sua strada per gli sparti-acque formati dagli stretti di Douvres in Francia, e così attraverso l'Italia e la Sicilia sin nell'Africa, che gli sarebbe stata allora aperta da un capo all'altro. Se, invece di entrare nell'Africa egli avesse girato a sinistra, egli avrebbe potuto raggiungere l'India mediante dei serpeggianti sentieri, la penisola Malese, e le Indie orientali, le quali, unite quà e là con connessioni di terre, l'avrebbero condotto, coll'aiuto d'un fragile canotto, nel-

l'Australia, donde egli avrebbe potuto errare nella Tasmania.

« Se egli avesse desiderato di visitare l'America del Nord egli avrebbe avuto, forse, una scelta di strade, sia per mezzo del ponte d'Islanda, sia per l'istmo di Alaska.

« Persino prima di lasciare l'Inghilterra egli avrebbe avuto sul suo cammino delle meravigliose visioni: grandi mandre di elefanti dell'antica specie (*Elephas antiquus*), i più potenti predecessori, forse gli antenati, del potente elefante Africano; egli avrebbe potuto esser presente, non senza riverente timore, all'infuriato impeto del rinoceronte dal molle naso (*Rhinoceros leptorhinus o di Merck*), che portava un corno di una lunghezza talvolta molto superiore a tre piedi (m. 0,90 circa); vi era a sguazzare divertendosi nei fiumi quel sospettoso *behemoth* (1), cioè l'ippopotamo, le mamme nuotanti col loro rampollo sul dorso; talvolta gli sarebbe capitato di vedere il grande leone dalle zanne a mo' di sciabola (*Machairodus*) mentre spiccava l'inatteso scatto, o mentre s'appendeva ai fianchi di uno smarrito elefante. Un clima deliziosamente tepido e sereno avrebbe potuto tentare il viaggiatore di pernottare all'aperto, ma in ogni caso egli avrebbe fatto bene di guardarsi prima d'accettare il ricovero in una caverna, perchè avrebbe potuto incontrarvi il terribile orso delle caverne (*Ursus spoeleus*) più grande di ogni specie esistente, oppure un animale ancora più terribile, cioè nientemeno che l'uomo istesso ».

La visione la più approssimantesi che noi possiamo avere circa la vita che l'uomo Paleolitico conduceva, ci è fornita dagli indigeni della Tasmania, sfortuna-

---

(1) *Behemoth*, nome che trovasi nella Bibbia, Libro di Giobbe; probabilmente l'ippopotamo. (*Nota del Traduttore*).

tamente estinti ai nostri stessi giorni, ma che rappresentavano, mentre vivevano, gli ultimi avanzi delle vere razze Paleolitiche. Probabilmente una volta esse erano state distribuite su tutto l'Antico Mondo; spostate dovunque da razze superiori esse alla fine rimasero confinate nell'Australia e nella Tasmania, e dall'Australia esse furono cacciate via dagli esistenti aborigeni di quel continente, una razza superiore a quelle prime per astuzia e crudeltà. Era riservato al bianco di completare l'esterminio loro. I nativi di Tasmania (1) erano di statura media; il colore della loro pelle era quasi nera, tendente al bruno. Gli occhi avevano piccoli ed affondati, sotto a sopraciglia sopravanzanti; il naso corto e largo dalle nari molto dilatate; la bocca enorme ed i denti più grossi di quelli di qualsiasi razza esistente. Il crine era nero e cresceva in piccole ciocche fatte a guisa di cavatappi; e gli uomini avevano delle barbe e delle basette. Ai margini delle basette il pelo cresceva in folte pallottole quasi come granelli di pepe. Essi erano cacciatori ma uomini pacifici. Le armi loro erano di pietra o di legno: e gli arnesi di pietra, dei quali uno era come il ***boucher*** Paleolitico (2), erano fatti collo scheggiare degli strati dalla pietra ***pthanite*** della Tasmania. Essi non portavano vesti; essi non avevano case; essi erravano semplicemente da un posto all'altro in cerca di cibo — di cui essi mangiavano molte sorta, eccetto il pesce che essi non avevano alcuna idea di pescare — e si proteggevano dai venti pungenti con ruvidi schermi fatti di corteccia.

(1) L'ultimo indigeno sopravvivente della Tasmania morì nell'anno 1877.

(2) Un utensile così denominato in onore di un paleontologo Francese che primo studiò questi arnesi; il Signor Boucher de Perthes. (*Nota del Traduttore*).

Il Sig. Rutot (il quale ha in questo l'appoggio di altri studiosi di preistoria) ha suddivisi i primi tempi dell'uomo Paleolitico in tre stati, basandoli principalmente sul carattere dei quarzi che gli antichi hanno lasciato quali traccie di loro stessi. L'età di Strepyan è la prima. Essa è caratterizzata da un selce foggiato come un rozzo pugnale (1). Gli uomini di Strepyan usavano raschiatoi di selci greggie, e scalpelli che sono un poco simili ai discussi Eoliti.

Classificazione di Razze.

Dopo gli uomini di Strepyan vennero quelli dell'età di Chelles: così detti perchè gli arnesi di selce caratteristici dei tempi loro furono trovati a Chelles, sulle sponde della Senna. Quest'età è caratterizzata dall'introduzione di un nuovo arnese, al quale il Professore Sollas ha dato il nome di ***boucher***. Riunite insieme le due mani palmo a palmo, e voi avrete una vaga idea del « boucher » foggiato a mandorla, eccettochè esso varia alquanto per dimensioni, da due o tre pollici a dieci pollici (da 5 a 20 centim.) Esso è stato definito come un piccone ed una scure, ed è stato descritto come foggiato a mo' di foglia. Esso era probabilmente usato per vari scopi, e può aver avuto un'impugnatura legata ad esso per mezzo di striscie di cuoio o di tendini, col fine di formare un'arma formidabile. Ci sono noti altri arnesi degli uomini di Chelles; essi si incontrano il più comunemente nelle ghiaie dei fiumi, sebbene ne siano conosciuti alcuni esempi trovati entro grotte (2). Ma il « boucher » si trova in tutto il mondo — da un capo all'altro dell'Africa, dal Cairo al Capo; dall'ovest all'est dell'Asia

(1) Il Sig. Hugo Obermaier ha discussa la genuinità di questi pugnali.

(2) L'antro di Kent presso a Torquay ne ha fornito alcuni, insieme con i denti dell'orso delle caverne.

meridionale, dalla Palestina sino a Malacca ; nell'America del Nord e nel Canadà, e nell'America del Sud. Infatti in un senso il « boucher » di Chelles prova troppo, perchè noi non possiamo supporre che tutto il genere umano, sovra tutto il mondo, fosse a quel tempo della razza di Chelles; oppure che il « boucher » fosse caratteristico di un'epoca sola, quella di Chelles. Probabilmente l'idea del « boucher » ebbe le sue origini presso un qualche popolo e lentamente si diffuse sopra tutto il mondo in un sol tempo oppure in epoche successive.

Il « boucher » di Chelles, per palesare un altro punto di vista, fu seguito dal « boucher » di St. Acheul (nome di un villaggio), il quale è molto più piatto, non così spesso, e per conseguenza più leggero. Esso è più accuratamente fatto, ed è non solamente un arnese meglio finito ma ne è uno di maggior efficienza. L'età di St. Acheul — noi andiamo supponendo ve ne fosse una — rifinì similmente i raschiatoi e gli scalpelli. Si presume che durante questa età il clima andasse facendosi via via più freddo. All'età di St. Acheul tenne dietro a suo turno quella Mousteriana (1). Gli uomini di questa età ancora maggiormente raffinarono le armi di quarzo; e, sino ad un certo punto il « boucher » sembra di essere caduto fuori d'uso; e l'arnese il più caratterisco di quest'età si è la « punta » Mousteriana. Essa è di una lunghezza compresa tra due e sei pollici (tra 5 e 15 cm.) ed è spesse volte accuratamente ritoccata, il raschiatoio Mousteriano è pure un arnese finamente lavorato.

Noi adesso cominciamo a raggiungere gli orizzonti dell'età Paleolitica superiore, quando la geografia dell'Europa andava mutando, ed il mare dapprima si

(1) Così denominata dal distretto di Le Moustier nella Dordogna.

avanzò, poi retrocesse, si avanzò di nuovo, e finalmente retrocedendo lasciò il continente colle sue presenti linee costiere. Tralasciando di considerare delle suddivisioni più sottili, il Paleolitico superiore è distinto nelle epoche degli uomini Solutriani e di quelli Magdaleniani. Solutrè, che da il nome suo alla prima di queste epoche, è nella vallata del Rodano, a Nord di Lione, ma degli avanzi dell'uomo di Solutrè sono pur trovati nell'Europa, in parecchie località al Sud della Russia. La loro età porta con sè uno straordinario progresso nelle arti. Le armi di quarzo sono quasi altrettanto fini quanto quelle che sono manufatte nella più recente età, ossia età della pietra Neolitica; sebbene la loro finezza ed arte raggiungano un apice e quindi peggiorino coll'approssimarsi della fine di quell'età. Sembra esservi stato un commercio dei migliori di quegli arnesi, perchè un mucchio di essi, cioè « punte a foglie d'alloro e punte colle spalle » (1), fu rinvenuto nella valle della Loira, ed essi erano fatti d'una sorta di selce che non è ritrovata nelle vicinanze. Erano i Solutriani grandi cacciatori. A Solutrè stesso dove il cavallo sembra essere stato un cibo favorito, le ossa infrante di quegli animali, lasciate quali rifiuti di molti festini, furono accatastate formando una cresta lunga un centinaio di yardi (90 m. circa); ad a Piemonte nella Moravia, dove il mammouth sembra esser stato la loro vittima principale, più di duemila denti di mammouth furono trovati ammonticchiati insieme. Ma gli uomini di Solutrè furono pure grandi artisti, scultori, pittori, disegnatori, e negli ultimi venti anni una serie di scoperte ha portato alla luce delle intere gallerie di pittura dell'età di Solutrè. Le caverne di Altannia nella Spagna fornirono le prime scoperte (fatte da Don Marcellano di Santualo)

(1) Sollas.

di dipinti di grande abilità, sui muri, e la di lui scoperta è stata seguita da tante altre che così bene la confermarono di poi che lo scetticismo si è ridotto al lumicino. Il Prof. Sollas paragona questi dipinti di Solutrè a quelli dei Bushmen dell'Africa. Alcuni dei disegni e dei dipinti dei Bushmen, « tanto monocromi quanto policromi, richiamano nella più stretta maniera gli sforzi migliori dei tempi di Solutrè ». Il Solutriano non ha mai rappresentate le forme umane nei suoi disegni; ma egli era uno scultore; ed alcune delle figurine che esso ci ha lasciate — di donne al nudo — sono di un gran merito realistico e tecnico (1). Ma il fatto maggiormente interessante concernente quelle figure si è che desse rassomigliano il più strettamente possibile alle donne della razza dei Bushmen. Che la razza di Solutrè fosse in particolar modo affine a quella dei Bushmen è una deduzione che trova appoggio da molti studiosi di preistoria, ed è rafforzata dalla scoperta di alcuni avanzi di quella razza a Mentone. Si ritiene adesso che questa razza negroide si estendesse nella Spagna, nel Sud della Francia, nel Belgio e giungesse sino a Vienna. Non è verosimile che l'Europa Solutriana fosse abitata eclusivamente da quelli. Si può supporre che quella razza si spingesse verso Nord dalle rive del Mediterraneo, e quindi, sotto la pressione d'una popolazione straniera, che essa vi aveva incontrato, fosse respinta indietro verso il sud e fosse infine cacciata via.

Rimangono ancora gli uomini Magdaleniani o Cromagnardi (2). Essi furono chiamati Magdaleniani dal famoso rifugio di roccia di La Madeleine (3), dove si

(1) Vedere *Appendice G.*

(2) Confr. pag. 399-400 prec.

(3) Riparo di roccia sopravanzante, detto attualmente *balma* nelle Alpi Italiane. (*Nota del Traduttore*).

trovò un disegno bellamente inciso sull'avorio, di un mammouth; un disegno che per la vigoria ed abilità e per quel sottile dono detto sentimento artistico si è rivelato per una delle più meravigliose cose del mondo. Gli uomini Magdaleniani hanno lasciato inoltre molti altri disegni bellissimi di animali; ed essi furono forse la razza all'apogeo dell'età Paleolitica. Alcuni degli arnesi di quarzo peggiorarono ai giorni loro, ma essi ne inventarono degli altri. Appaiono punte di lancie e punte di freccie; e vi è un indizio in alcune di quelle che gli artefici hanno conosciuto l'uso delle armi avvelenate. Essi conobbero l'uso dell'ago; essi probabilmente usarono lucerne; ed essi fecero certamente uso di ornamenti personali, alcuni dei quali hanno una rassomiglianza curiosa con quelli ora usati dalle donne Eschimesi. Per altre rassomiglianze alla razza suddetta furono fatti molti sforzi per giungere ad associare queste due razze — cioè quella scomparsa e quella che va languendo oggidì — ma l'evidenza ha sempre lasciato ancor l'adito al sospetto. Le caverne di Grimaldi fornirono sei scheletri della razza Magdaleniana nel 1906, e li dimostrarono (come noi abbiamo già accennato nel descrivere i Cromagnardi) appartenenti ad un popolo alto, dal naso sottile, intieramente dissimili dagli Eschimesi. Ma nel 1888 fu trovato presso a Perigueux nel comune di Chancelade (Francia), trammezzo un vicinato Magdaleniano, uno scheletro che era di una razza differente — una razza di bassa statura e dal cranio grande, e di caratteristiche corporee in generale che « non lasciano dubbio ragionevole che esso rappresenti gli avanzi di un vero Eschimese, il quale visse nella Francia Meridionale durante l'età Magdaleniana ».

L'Uomo Neolitico.

Quelle furono l'ultime delle razze Paleolitiche. Loro successore in Europa ad ogni modo fu il popolo Neolitico che apportò con sè un modo di vivere agreste o pastorale. Non è possibile altra supposizione all'infuori di questa, cioè che esso esistesse prima di spingersi sul territorio Magdaleniano. Si può concepire che, col ritirarsi dei ghiacciai, l'uomo Magdaleniano possa essere andato più lontano verso il Nord inseguendo le renne, e possa aver trovata la sua strada al continente dell'America settentrionale, per mezzo del ponte d'Islanda, oppure per mezzo dello stretto di Bering, se il ponte d'Islanda aveva già cessato di esistere. Sollas presenta la speculazione che nell' età Magdaleniana due razze di popoli, differenti grandemente per statura, si estesero dal ponente d'Europa attraverso l'intiera ampiezza dell'Asia. Esse erano pervenute entrambe a ciò che noi possiamo denominare lo stato di cultura Magdaleniano. La più alta, la più vigorosa razza di cacciatori tenne il Sud agiatamente; la razza più piccola circondata dai suoi alti parenti a Sud e dal ghiaccio al Nord ebbe da fare quanto meglio potè, e può essersi sviluppata in conseguenza delle difficoltà. Come il clima divenne più caldo, la pressione del popolo pastorale moltiplicantesi, spingendosi verso occidente di tra i Carpazi e l'India, si fece sentire e sospinse l'ultime razze Paleolitiche verso Nord e verso lo stretto di Bering. L'Eschimese primitivo indugiò lungo la costa; l'altra razza può essersi stesa attraverso i continenti occidentali delle Americhe, per lungo e per largo. Colla vera ascia di pietra, poscia coll'ascia di pietra polita, l'uomo Neolitico entra allora in scena.

Qui noi possiamo venire ad una fine della speculazione, perchè la susseguente storia della razza umana

è di una complessità che continuamente aumenta. Fortunatamente un più savio e più umano intendimento dei diritti altrettanto quanto dell'interesse delle razze primitive esistenti ha sostituito l'antica indifferenza ed inumanità che contribuirono ad estinguere i Tasmani i quali erano gli ultimi rappresentanti, che rimanessero ancora, di una razza forse tanto antica quanto l'uomo di Neanderthal, ed i Bushmen, i probabili rappresentanti degli uomini Mousteriani o del Medio-Paleolitico.

L'avvenire del pianeta.

Poche linee di conclusione possono essere dedicate alla questione dell'avvenire del pianeta, il quale in molti dei suoi aspetti esterni è passato, e forse è destinato a passare più completamente, sotto il dominio della razza ultimissima ad abitarlo. Il timore che la fine del mondo, oppure la fine della vita nel mondo, abbia a venire per mezzo del fuoco o dell'acqua è assai scemata. Non è teoricamente impossibile che la vita del pianeta debba essere in pericolo per convulsioni sismiche o vulcaniche ; ma esse realmente non presentano una minaccia seria, ed esse non sembrano neppure averla mai presentata nelle età trascorse. Sopra una simile base di ragionamento noi possiamo presumere che il pianeta non sarà mai sopraffatto dagli oceani ; sebbene come ci indica Suess, se i depositi nell'Atlantico durante i tempi geologici sono stati realmente prodotti da uno sforzo per stabilire l'equilibrio planetario, e se vi fosse inoltre una tendenza remota, su parte del pianeta, a contrarsi a fine di stabilire un nuovo raggio — allora noi dovremmo avere da temere una diminuzione progressiva dell'area che è abitabile per la più elevata vita terrestre. Noi possiamo tener in conto questo modo di vedere, invece e contro quello che minaccia il pianeta di

una diminuzione graduale delle acque sue. Noi dobbiamo soltanto ripetere rispetto a quella, l'opinione di ogni geologo da Suess a Geikie e Chamberlin e Salisbury, che vi sono stati dei periodi nella storia geologica in cui i deserti erano altrettanto largamente estesi quanto ora lo sono, e che nella storia media geologica, nel tempo del Permiano, vi è stata un'aridità ancor più grande di quella che prevale oggidì. Le memorie geologiche indicano che l'oscillazione di condizioni avviene lentamente. Nello stesso modo che vi sono stati dei periodi di aridità più grande di quanto siano adesso, così pure vi sono stati dei periodi ugualmente lunghi in cui la pioggia e l'umidità sono state più marcate.

Il pericolo per la razza, se pericolo vi può essere, consiste non nelle catastrofi violenti, ma nello sbilancio mortifero di agenti di sorta quiete. Per esempio, una piccola proporzione di biossido di carbonio nell'atmosfera è necessaria alla vita vegetale ed a quella animale, mentre una proporzione grande sarebbe fatale agli animali che respirano aria. Se venissero a perdersi i tre o quattro centesimi dell'uno per cento ora presenti nell'atmosfera, tutta la vita se n'andrebbe con quelli; se invece essi fossero accresciuti di poco soltanto per cento la più alta vita animale sarebbe soppressa o radicalmente mutata.

Sul pianeta tanto gli agenti di fornitura, quanto quelli di richiesta sono abbondanti; noi possiamo soltanto venire alla conclusione che sempre, dalla nascita della vita respirante all'aria in poi, qualche 40.000.000 di anni fa, il funzionamento alternato di questi agenti è stato cotanto bilanciato che, nè un eccesso fatale, nè una deficienza fatale, ha potuto riuscire a troncare la storia della vita più elevata.

In un modo ugualmente serio l'abitabilità della Terra dipende da una serie ristretta di temperature medie,

una serie di circa 100° F. (37°,8 C.). Alcune poche miglia al di sopra del pianeta ed a poche miglia sotto la sua superficie, la temperatura sarebbe disastrosa per la vita. Il calore necessario è dipendente dal Sole, ma il regolar quello, per tutto quanto possa esserne influenzata la vita sulla superficie del pianeta, è in intima relazione coll'atmosfera, e colle capacità di proteggente ricoprimento dell'atmosfera. Queste ancora dipendono dai costituenti di essa; e nuovamente qui noi abbiamo un'indicazione del bilancio critico entro a cui l'atmosfera conserva la vita.

L'atmosfera del pianeta è di per sè stessa in uno stato di bilancio. Le molecole, di cui sono costituiti i gaz vanno perpetuamente volando a grandi velocità, e quelle che vanno volando alle più alte velocità devono talvolta sfuggire oltre la superficie esterna dell'atmosfera nello spazio interplanetario. Ma se questa idea delle molecole volanti deve essere spinta alle sue logiche conclusioni, noi allora abbiamo da immaginarci il Sole con una grande atmosfera di un genere affine; un'atmosfera di gran lunga più grande di quella di qualsiasi dei suoi pianeti; e noi dobbiamo pensare che i di lui strati esterni dei più sottili e sempre più sottili assembramenti di molecole arrivino lontano all'infuori, verso i suoi satelliti. L'atmosfera della Terra, cioè i suoi esternamente estremi più sottili assembramenti di molecole, cessano soltanto quando queste molecole passano oltre il raggio di azione della gravitazione Terrestre. Ciò è pur vero delle più remote molecole atmosferiche del Sole — esse cessano di appartenere al Sole soltanto quando esse giungono oltre l'attrazione sua. Ma la Terra è facilmente entro i limiti di gravitazione del Sole; cosicchè noi possiamo concepire il nostro pianeta come giacente entro le sottili, e le più lontanamente estreme, estensioni dell'atmosfera solare. Quindi la Terra, sebbene essa vada accomiatando

costantemente le sue molecole che volano più veloci, va pur continuamente raccattando e trattenendo delle molecole derivate dall'atmosfera del Sole. Le due atmosfere quella solare e quella planetaria, devono andar scambiandosi delle molecole in proporzioni dipendenti dalle condizioni di equilibrio tra di esse. La deficienza della nostra provvista atmosferica è per tal modo fatta dipendere, non semplicemente dai profitti e perdite alla superficie della Terra, ma dallo scambio solare ed in conseguenza di ciò dalla durata del Sole.

La vita del pianeta è dunque collegata con quella del Sole; perchè le energie del pianeta sono derivate dal Sole, e la vita del pianeta dipende dalla loro continuità. Le più recenti vedute circa le energie infra-atomiche, e le sorgenti di energia alle quali può per conseguenza attingere il Sole, hanno in teoria innalzato la previsione della potenzialità Solare ad un ordine di grandezza indeterminato e la lunghezza della sua vita ad un'estensione indeterminata. Le possibilità di una collisione furono passate in rassegna nel primo capitolo della storia del pianeta nel descrivere le possibilità del modo della sua nascita. Come vi fu un principio così vi deve essere pure una fine, sebbene noi possiamo credere che essa abbia da essere indeterminatamente distante.

Riferenze ad Autorità nel Capitolo XIX.

A. Rutot, « La fin de la question des Eolithes », « Bull. Soc. Geol. Belg. » 1907, xxi.

H. Obermaier, « Die Steingerate des franzosischen alt paleolithikums », « Mitth. d. Praehistorichen Kom. d. k. Ak. Wiss, Wien », Bd. ii, N. 1, 1908.

R. Verneau, « Les grottes de Grimaldi », « L'Anthropologie », 1908, xvii, pag. 291.

APPENDICI

aggiunte dal Traduttore

Appendice A.

Attrazione reciproca di corpi galleggianti

Varie possono essere le cause che producono l'agglomerarsi di molte particelle materiali per formare dei nuclei ognora crescenti. Nel campo atomico e molecolare è stato riconosciuto che i joni servono di centri di condensazione (C. T. R. Wilson) ed, in determinate circostanze, provocano la formazione delle goccioline d'acqua nelle nuvole. Essi possono pure provocare il depositarsi dei granellini di polvere sulle pareti, costringendoli a disporsi secondo certe striscie parallele a fili isolati di condutture elettriche. Nel campo ancora ultra-microscopico, ossia molecolare e molare, un'azione non dissimile da quella accennata ha luogo tra le più minute particelle del pulviscolo sospeso nell'aria o di quelle del fumo (1); ma probabilmente entra di già in gioco l'attrazione mutua dei corpi, sebbene tanto minima sia la sua sfera d'azione, in ragione della massa così esigua, da doversi ancora trascurare. Difatti diventa trascurabile pure l'attrazione della terra su codeste particelle, le quali son mantenute in sospensione nell'aria per cause minime, o meccaniche, come un'agitazione

(1) De Broglie ha studiato (1908-09) i globuli costituenti il fumo del tabacco, e ne ha verificate le cariche elettriche che ne determinano i varii moti. Millikan, P. Weiss ed altri hanno, nelle loro ricerche dirette a ritrovare la carica elementare d'elettricità, o, come ora si suol dire, l'atomo d'elettricità, stabilito il continuo avvicendarsi di stati elettrici in ogni più minuta particella di materia sospesa nell'aria, dovuto alla sua unione con un jone, o con un elettrone, in cui essa s'imbatte.

dell'aria tanto lieve da non essere avvertita, oppure elettriche, quali lo stabilirsi di campi elettrici o magnetici, anche solo temporanei.

Ma, senza ricorrere a codesti esempi, i quali richiedono dei mezzi di osservazione, che non sono alla portata di tutti, noi abbiamo un esempio familiare, il quale, sebbene sia in parte in un campo microscopico, riesce peraltro visibile ad occhio nudo, allorquando quel microscosmo che si agita nell'aria si manifesta a noi direttamente, entrando nello spazio percorso da un raggio di sole, frammezzo ad un circostante ambiente oscuro.

Questa condizione di visibilità è stata l'origine dell'ultra-microscopio, com'è risaputo.

Quel pulviscolo, leggerissimo finchè esso è estremamente suddiviso, non sì tosto che alcune particelle di esso si sono congiunte insieme, vuoi per attrazione elettrica, vuoi per attrazione reciproca, vuoi infine per vischiosità o per altre azioni puramente meccaniche, tende per ragione di gravità a ricadere al suolo, oppure sovra un piano qualsiasi, soffermandovisi in proporzione di tanto maggiore quanto più il piano s'approssima all'orizzontale, il che dà un risalto, maggiormente percettibile dall'occhio per varietà di colorazione, persino ai più tenui e delicati rilievi.

Allorchè nel pulviscolo si trovano in copia delle fibrille o dei filamenti minutissimi di sostanze organiche, si formano quei bioccoli di polvere, i quali vanno sempre maggiormente ingrossandosi per accrezione, cioè per aggregazione dall'esterno di altre fibrille e di granuli di pulviscolo.

In questa maniera di formazione può essere ravvisata una lontana analogia coll'accrezione planetismaria. Ed a questo scopo soltanto, di fornire una certa rappresentazione mentale del modo col quale sarebbe avvenuta la formazione del primo nucleo di frammenti planetismari, è stato qui addotto un tale esempio.

Facendo ora ritorno a quello citato dall'Autore, delle bollicine di aria, le quali vanno riunendosi in una

tazza di thè o di caffè, inzuccherati, devesi osservare che quel fenomeno può essere esteso in generale ai corpi galleggianti.

Sembra evidente che l'attrazione tra codesti corpi avvenga in ragione diretta della loro massa, talchè, quando essi entrano nella sfera d'attrazione reciproca sempre il minore si precipita sul maggiore.

Sono stati studiati gli effetti, talvolta disastrosi, di tale attrazione, per il caso di due navi che passino in prossimità tra di loro.

Togliamo alcuni cenni dall' « Année Scientifique » del 1912.

Il 20 Settembre 1911 il colossale piroscafo l'*Olympic*, il fratello gemello dello sventurato *Titanic*, e l'incrociatore inglese *Hawk*, si trovarono a far rotta insieme, al largo di Portsmouth.

L'*Hawk*, la cui velocità era superiore a quella dell'altra nave, stava per oltrepassare questa; a quell'istante medesimo la sua prora deviò bruscamente verso babordo e, poichè la distanza tra i due scafi non era superiore ai cento metri, la collisione non si potè evitare. Le avarie furono gravi, ma non irrimediabili, e quindi tutto si limitò a danni materali. Una rigorosa inchiesta dimostrò che non vi era stata alcuna falsa manovra; ma che la massa maggiore aveva attratto a sè quella minore.

Mr. Taylor, Presidente della Società Americana dei *Naval Architects*, espone il fenomeno nei termini d'una legge.

« Quando una nave oltrepassa un'altra, facendo con quella una rotta prossimamente parallela, essa è sottoposta all'azione di una coppia che tende a far girare verso l'altra nave la sua prua.

Se per opporsi a tale tendenza vien adoperato il timone, si diminuirà la forza che tende a scartare la poppa, anzi questa forza sarà sostituita da un'altra che tende a riavvicinare le poppe dei due bastimenti, ed allora essi saranno portati l'uno contro l'altro restando in posizioni parallele ».

Egli è certo che in questo caso speciale l'azione delle molecole d'acqua comprese nel canale, che viene ad essere costituito dalle due navi parallele, contribuisce all'effetto verificato. Tuttavia le spiegazioni addotte riescono finora per nulla chiare e soddisfacenti.

Ma il fatto esiste; e quindi ci si può chiedere (così continua l'*Année Scientifique*) se quel fenomeno non avrebbe per caso contribuito alla perdita del *Titanic*, attirandolo con violenza contro l'enorme masso di ghiaccio galleggiante, lungo il quale esso andava navigando.

Si noti che nella rada di Southampton, partendo per quel primo ed unico suo viaggio, dal quale esso non doveva più far ritorno, il *Titanic* stesso aveva esercitata la sua attrazione sul *New York*, al punto da strapparne gli ormeggi.

Non molto diversamente da quanto avviene per i galleggianti un'attrazione reciproca deve pure aver luogo tra corpi completamente immersi in un liquido od in un fluido. Poichè se l'attrazione reciproca si manifesta soltanto quando sia scemata quella di gravitazione, come nel caso di corpi galleggianti, evidentemente sarà ancor maggiore nel caso in cui la forza di gravitazione sia ancora ulteriormente diminuita, come succede per esempio per aerostati dotati di debole forza ascensionale. Sarà assai difficile il verificare un tal caso perchè l'atmosfera terrestre è costantemente in moto: tuttavia una maggior frequenza nella navigazione aerea gioverà ad agevolare quello studio. Sarà questa la migliore illustrazione dell'ipotesi planetismaria.

Appendice B.

Un pesce africano dotato di polmoni

Non è affatto inopportuno il riferire quanto riguarda il primo esemplare portato vivente in Europa, e sottoposto quindi all'esame degli studiosi, di una forma intermedia tra il pesce e l'anfibio. Poichè sono appunto questi anelli di congiunzione tra un ordine ed un altro che maggiormente attraggono l'attenzione, e che validamente confermano le teorie dell'evoluzione. Questi anelli sono molte volte mancanti, poichè essi furono delle forme di transizione, poco adatte alla sopravvivenza; compiuta la loro funzione esse si sono estinte. Quindi quelle rare specie tuttora esistenti destano maggior interesse.

La Società Zoologica di Londra ha ricevuto uno dei doni più interessanti che le siano giammai stati fatti.

Alcuni mesi addietro il Sig. C. M. Woodhouse, uno degli assistenti del « Game Warden », dell'Africa Britannica Orientale, ottenne un esemplare vivo del pesce a polmoni, africano, appartenente ad una specie (Protopterus Ethiopicus), che non era mai stata portata vivente in Europa. Esso fu estratto da un pantano, che era rimasto disseccato per sette mesi, ed aveva circa sessanta centimetri di terreno secco e polveroso al di sopra del fango nel quale il pesce era seppellito.

Il Signor Woodhouse portò a Londra il pesce conservandolo in un vasto recipiente di latta ripieno di fango nero e spesso, dal quale era stata fatta scolar via preventivamente l'acqua.

Il pesce, seguendo l'usuale abitudine sua, quando si prosciuga lo stagno, entro cui esso vive, raggomitolò il suo corpo per modo che la sua coda piatta ricoprisse la testa e la bocca, e, mediante una secrezione di muco dalla sua pelle, si circondò di una sorta di bozzolo temporaneo.

Il recipiente di latta fu portato alla casa dei rettili; ed il fango venne in parte raschiato via, in parte asportato con lavature di acqua calda. Ad un tratto il pesce diè un guizzo ed emise un clamoroso ed anelante latrato, ed azzannò le dita del Sig. Woodhouse.

Esso è lungo da 60 a 90 centimetri, foggiato a mo' di anguilla, con pinne lunghissime, cilindriche ed affusolate, ed è di colore grigio pallido.

Il pesce a polmoni, quando è fuori dell'acqua, respira l'aria come un anfibio.

(Dal *Weekly Times*, Marzo 7, 1913).

APPENDICE C.

L'antichità dell'uomo

I seguenti cenni di un discorso tenuto nell'Agosto 1912 dal Prof. A. Keith sui « Problemi odierni relativi all'antichità dell'uomo », gioveranno ad illustrare lo stato attuale della quistione.

Egli ha dapprima rammentato come nel 1859 Sir C. Lyell in una riunione di scienziati avesse annunziato che « apparir doveva entro brevissimo termine una opera del Sig. Carlo Darwin — il risultato di venti anni di osservazioni e di esperienza », e che negli ultimi anni si era andata accumulando l'evidenza di una probabilità che l'uomo fosse abbastanza antico per aver coesistito almeno col Mammouth della Siberia.

La dottrina che Lyell ed i suoi compagni sostenevano allora a spada tratta, sebbene in quei tempi contrastata, è divenuta di poi l'opinione ortodossa della più grande maggioranza dei pensatori d'oggidì.

Il più gagliardo rappresentante di questa opinione ortodossa, il Prof. Boyd Dawkins, ritiene che l'uomo sia evoluto durante il periodo Pleistocenico, e sia quindi, da un punto di vista geologico, un'aggiunta recente alla fauna della terra. Un estimo medio della durata del periodo Pleistocenico sarebbe di 400.000 anni; e l'opinione ortodossa ritiene che durante tutto quel periodo l'uomo, quale egli è adesso noto a noi, sia andato evolvendosi da una forma preistorica immatura.

Assumendo il modo di vedere del Sig. Rutot, quale rappresentante della eterodossia moderna, si deve osservare che, se fosse ammessa la tesi del Rutot, della scoperta delle traccie dell'uomo per mezzo della coltura Eolitica, durante tutti i lunghi periodi del Pliocene e del Miocene, e persino del periodo Oligocene, dietro agli estimi del Prof. Sollas, contrastati peraltro dal Rutot, l'antichità dell'uomo dovrebbe essere riportata a più di 3.000.000 di anni addietro.

L'opinione più usualmente accetta si è che l'uomo abbia fatta la sua prima comparsa in una forma definitivamente umana circa al principio del periodo Pleistocenico; ma vi sono pure di quelli che riferiscono la di lui evoluzione ad un periodo molto anteriore della storia geologica.

Qualunque sia il periodo addottato, esso deve essere lungo abbastanza per concedere al genere umano il tempo necessario per esser distribuito sulla Terra, e differenziato quale esso dimostrasi oggidì nel mondo.

Ove si accogliesse l'opinione che l'indigeno dell'Australia sia la forma la più prossima all'antenato comune del genere umano, ci si potrebbe forse formare un qualche concetto della lunghezza di tempo, che sarebbe richiesta per produrre l'Africano e l'Europeo dal ceppo comune?

L'evoluzione dell'uomo ha proceduto a tardo passo; e, fossero pure i Britanni primitivi per tornare tra di noi in abiti moderni, essi passerebbero inosservati quali nostri concittadini.

L'opinione del Prof. Keith si è che 400.000 anni non sarebbero quindi più che sufficienti per produrre quel cambiamento. E' pur possibile che l'evoluzione del corpo umano non sia stata una storia di lento, continuo, quasi impercettibile cambiamento; ma che essa sia stata invece una storia di sforzi alternati con periodi di riposo. La natura sembra avere a sua disposizione i mezzi per eseguire dei cambiamenti rapidi; ma quando si esamina la storia trascorsa dell'uomo, e si notano i cambiamenti ai quali egli è

presentemente soggetto, non si trovano dei segni evidenti che la natura siasi giammai appigliata a tali mezzi repentini.

Evidenza fornita dai primati.

Vi è un'altra via di approccio al problema dell'antichità dell'uomo.

L'uomo non è stato il solo a stare in posizione eretta, ma esso ha avuto dei parenti lontani ed alquanto disprezzati — le grandi scimmie antropoidi. Vi sono molte rassomiglianze, così intime e così peculiari, che esse possono soltanto essere spiegate col supporre che l'uomo ed i grandi antropoidi abbiano avuto un antenato comune ad un certo stadio della storia della Terra. Le scimmie del Nuovo Mondo sono le più prossime al ceppo originale, dal quale sono provenuti i più alti primati, ed è attraverso una tale linea genealogica che l'uomo è salito al presente suo stato.

La scoperta fatta dal Dott. Max Schlosser, nel 1910, nell'antichissima formazione Oligocenica di Fayum (Egitto) dei denti e delle mandibole di tre primati, ha provato che ad una data primitiva un animale, che era sorto dal medesimo ceppo che ha dato origine all'uomo, era già in esistenza.

Da ogni punto di vista è probabile che il ceppo umano sia divenuto differenziato al tempo stesso in cui lo divennero i grandi antropoidi. Si ha quindi ragione di ritenere che una forma molto primitiva dell'uomo possa essere venuta ad esistere durante il periodo Miocenico, oppure, al più tardi almeno durante la prima parte del Pliocene.

Nell'Inghilterra vi sono indizi di un tipo moderno di uomo almeno altrettanto addietro come la metà del periodo Pleistocenico; però, se il Sig Reid Moir ed egli stesso (cioè il Prof. Keith) avessero ragione nel ritenere gli avanzi umani ritrovati ad Ipswich come giacenti sopra un letto intatto di argilla con ciot-

toli calcari — le loro deduzioni erano state contestate — essi avrebbero portata la storia dell'uomo moderno di un passo ancora più addietro nel periodo Pleistocenico.

Se viene accettata come autentica tutta l'evidenza messa innanzi da coloro che hanno rintracciato l'uomo nelle età anteriori per mezzo di selci lavorati, od almeno che avessero apparenza di lavorazione per mano d'uomo, allora risulta possibile l'uomo del periodo Pliocenico.

Se si esamina l'evidenza relativa al gruppo d'animali al quale l'uomo appartiene — cioè quello dei più alti primati — i fatti, per quanto ci sono noti, rendono impossibile l'esistenza dell'uomo nei periodi Eocenico ed Oligocenico, improbabile nel periodo Miocenico, ed intieramente possibile nel periodo Pliocenico.

Finalmente se si prende in considerazione tutta l'evidenza relativa alle forme fossili dell'uomo, l'antichità della forma moderna di esso, è un problema tuttora insoluto.

Il Prof. Keith è convinto che se si tien dietro all'uomo lo si trova quasi senza alterazioni almeno sino alla metà del Pleistocenico, quando esso era accompagnato da un'altra forma di uomo, quasi altrettanto distinta da esso, quanto lo è il gorilla dal scimpanzè. Ancora più addietro, al principio del Pleistocene, si sono trovate almeno due forme d'uomo — il Pre-Neanderthaloide di Heidelberg ed il micro-cefalo di Giava — ma non si è conosciuto il rappresentante dell'uomo moderno a quel periodo primitivo (1).

Tenendo calcolo di tutti i frammenti di evidenza, che si trovano attualmente a disposizione nostra, tenendo calcolo della tarda andatura dell'evoluzione umana, e delle grandi lacune esistenti fra le scarse memorie geologiche, pare al Prof. Keith che un uomo altrettanto elevato quanto lo è l'Australiano d'oggidì,

---

(1) Vedasi *Appendice D.*

fosse in esistenza al periodo Pleistocenico; ma egli non può credere che individui umani così altamente evoluti, come quelli scoperti (a Castenedolo) dal Professor Ragazzoni esistessero nei primissimi tempi del periodo Pliocenico (1).

Il problema dell'antichità dell'uomo non è ancora risolto.

Il quadro che il Prof. Keith desidera lasciare nelle menti degli ascoltatori si è che in un lontano passato vi fossero non un genere solo, ma un certo numero di generi d'uomini in esistenza; dei quali tutti gli altri si erano estinti salvo quell'uno che ha dato origine all'uomo moderno.

Colle imperfette conoscenze attualmente a disposizione nostra pare grandemente probabile che l'uomo, quale adesso è noto a noi, abbia assunto le sue caratteristiche d'uomo pressochè al principiare del periodo Pliocenico.

Quanto lungo tempo addietro ciò abbia dovuto essere, deve essere misurato da cambiamenti che la Terra e le cose viventi hanno subìto, ed è umano il tentare di trovar dei mezzi di misurazione di quel periodo in termini di anni.

Gli estimi più correnti assegnano ad esso un'antichità di almeno un milione e mezzo di anni.

(Dal *Times*, 10 Sett. 1912).

Di buon grado abbiamo riportato questi cenni, anche perchè essi confermano l'opinione espressa da un illustre nostro compaesano, il Prof. Giuseppe Sergi,

---

(1) Più tardi il sig. Prof. Keith ebbe a ricredersi, e dichiarò pubblicamente e per lettere al Prof. G. Sergi che egli ammetteva l'esistenza del tipo d'uomo *moderno* nel periodo Pliocenico: il che, dato il lungo periodo d'evoluzione antecedentemente necessario per giungere a quel tipo elevato, arretrerebbe di molto le prime origini del genere umano.

e cioè circa l'origine poligenetica dell'uomo, sebbene i due dotti dissentano per alcuni particolari. Consigliamo vivamente i lettori, i quali non possono far a meno d'interessarsi a quest'importante quistione, a leggere le opere del Sergi e specialmente *Le origini umane,* Fratelli Bocca, Editori, 1913.

APPENDICE **D**.

I resti fossili dell'uomo di Piltdown.

Nell'anno 1911 a Piltdown (Sussex - Inghilterra) furono scoperti dei fossili frammisti a ciottoli ed a selci apparentemente lavorati a mano. Il tutto era frantumato e disposto alla rinfusa, anzi sembrava, in talune parti, di essere stato trasportato dalle acque e di essere quindi stato logorato da questo trasporto. Tramezzo ad alcuni avanzi fossili di mammiferi del periodo Terziario (Elefante, Mastodonte, ecc. ecc.) furono rinvenuti dei frammenti di un cranio umano ed una metà incompleta di una mandibola.

L'aver rinvenuto tutti questi fossili giacenti insieme non significa che essi siano della stessa epoca, dacchè è evidente il trasporto subìto da una parte di essi.

L'importante si è l'aver potuto ascrivere con certezza alcuni fra codesti avanzi a reliquie umane, e lo studio delle loro caratteristiche.

Quello studio, e la ricostruzione del cranio dai pochi frammenti trovati, presentarono notevoli difficoltà, e si possono riassumere in due fasi.

Nella prima di queste (1912) furono attribuite a quel cranio, e specialmente alla mandibola di esso, delle caratteristiche approssimantisi alquanto ad alcune caratteristiche scimmiesche, sebbene nel loro complesso quelle riscontrate rimanessero indubbiamente umane.

La capacità cranica, trovata allora, era di centimetri cubi 1070; vale a dire, mentre era pari ad una volta e due terzi di quella delle scimmie le più elevate (e ad

una volta ed un quarto di quella del pitecantropo di Giava od uomo di Trinil) essa rimaneva peraltro al disotto della capacità media del moderno europeo. La forma generale del cranio appariva esser quella di un tipo d'uomo assai inferiore al più basso tipo oggidì in esistenza sulla terra.

Sin d'allora però si era riconosciuto che le sue arcate sopra orbitali erano meno sporgenti di quelle dell'uomo di Neanderthal. Inoltre la mandibola, considerandone il frammento in una data posizione rispetto al cranio, si avvicinava maggiormente a quella di Heidelberg, sebbene da quella ancor differisse, e si rinvenivano in essa delle analogie con quella d'un giovane scimpanzè. Per tutte queste circostanze quel tipo era diverso da quelli sinora conosciuti, e gli fu dato il nome di *Eoanthropus Dawsonii.*

Ma ultimamente (Agosto 1913) giunse notizia della seconda fase degli studi, da noi dianzi accennata; e cioè di una nuova, e, a quanto pare, più accurata ricostruzione del cranio di Piltdown.

Nell'eseguire una ricostruzione anatomica si devono seguire delle norme imprescindibili; una sola di esse, ma importantissima, era stata, a quanto dicesi, trascurata nella prima ricostruzione. Essa consisteva nientemeno nel non aver collocato in posizione convenientemente eretta il frammento d'osso parietale: ne proveniva lo spostamento verso destra, per l'ammontare all'incirca di un pollice (cm. 2,5) del solco che dà ricetto al vaso sanguigno che corre lungo la volta del cranio, e che deve coincidere col piano verticale mediano di questo. Rimettendo l'osso parietale in posizione più corretta, i risultati generali furono assai modificati. La capacità del cranio si trovò aumentata sino a centimetri cubi 1500 circa; essa potrebbe così albergare un cervello di vaste proporzioni.

La larga inserzione del muscolo temporale risultò simile a quella normale; a tale sviluppo di quel muscolo corrispondono denti canini piccoli, e non già grossi, come prima erano stati supposti; e la mandi-

bola nel suo complesso fu riscontrata assai consimile a quella del tipo d'uomo moderno, sebbene sempre ancora col mento sfuggente all'indietro.

Le fattezze generali risultano quindi improntate a vigore; ma non già intermedie tra l'uomo e la scimmia, come erasi creduto.

Si viene forse a perdere, per tal modo, un anello intermedio tra il ceppo antropoide e l'uomo moderno; ma aumenta l'evidenza di un'antichità maggiore per un tipo d'uomo moderno, diverso dall'uomo di Neanderthal; e quindi l'evidenza di due generi umani diversi, non discendenti l'uno dall'altro.

Invero va rafforzandosi la credenza che le selci trovate insieme, e fors'anche una parte dei resti fossili d'animali, siano d'un'epoca medesima delle reliquie del teschio.

Quell'uomo avrebbe adunque vissuto parecchie centinaia di migliaia d'anni addietro; fors'anche un milione.

Egli sarebbe stato in esistenza, secondo l'opinione di molti oggidì, durante il periodo Pliocenico; ma senza esitazione, si può almeno dire aver esso esistito in un tempo abbastanza prossimo al Pliocene per essere certi che i suoi antenati debbano aver vissuto a loro volta entro quel periodo Pliocenico.

Pare sufficiente il riferire che le ghiaie silicee entro a cui furono trovati quegli avanzi, sono pressochè della stessa età dei giacimenti della Foresta di Norfolk, i quali sono assegnati al Terziario.

Le armi sono simili a quelle del tipo « Chelleano »: alcune sono rozzamente foggiate ad ascia, ma da usarsi colla mano, e non per mezzo di un manico.

Sir E. Ray Lankester non trova peraltro che quei selci lavorati abbiano una forma ben definita, e quindi non dà gran peso alla testimonianza loro.

Non importa: ci basti aver potuto stabilire la grande antichità a cui risale il tipo moderno.

Poichè quanto più addietro sarebbe la sua comparsa, tanto più verrebbe riconfermata l'evidenza della incre-

dibile lentezza colla quale si compiono le modificazioni del genere umano.

E per conseguenza di tanto maggiormente lungo dovrà essere stato il periodo di evoluzione necessario tra il primissimo tipo d'uomo e quello moderno. Ed allora, quasi senza avvedercene, noi ci troveremo assai prossimi ad ammettere per veritiero il computo del professore Sollas, il quale, come s'è veduto a pag. 426, assegna all'uomo un'antichità di tre milioni d'anni. Deve essere tenuto presente che lo stesso prof. Sollas, in qualità di geologo, è dei più moderati nel suo computo circa l'età della Terra (vedi pag. 288).

E' pur degno di nota che dalla seconda ricostruzione del cranio di Piltdown, la quale ha incontrata la più completa approvazione del Prof. Keith, si possono trarre delle deduzioni che concordano in linea generale con quelle esposte alla fine della Appendice C, eccetto che le più recenti tendono a respingere sempre più addietro la probabile origine dell'uomo.

(Proc. of the Geol. Society London, Dec. 28-1912). — G. Sergi, *Le Origini Umane*, Op. già citata. — G. Sergi, *Rivista d'Antropologia*, Vol. XVII, Fasc. I, II, III (1912).

In corso di stampa altra opera del Prof. G. Sergi, nella quale egli discorre del cranio di Piltdown.

APPENDICE E.

L'uomo Neolitico di Halling

La relazione che stiamo per esporre succintamente non ha tanta importanza quanto quella precedente, per le deduzioni tratte dalla scoperta di nuovi resti umani preistorici nell'Inghilterra, quanta ne ha per la frequenza di queste scoperte, dovuta ad una sapiente organizzazione che non permette vadano disperse le reliquie che ritornano alla luce.

In una cava di argilla da mattoni presso il villaggio di Halling, sulla sponda occidentale della Medway, a circa quattro miglia al di sopra di Rochester, nell'Agosto 1912, fu rinvenuto, durante i soliti lavori di escavazione, uno scheletro, che si manifestò in una sezione verticale del terreno, e quindi fu potuto conservare ed esaminare accuratamente a posto, prima di rimuoverlo.

Esso giaceva a 6 piedi di profondità (m. 1.80) in uno strato ben distinto di argilla, sovra il quale erano distesi altri quattro strati sovrapposti, non disturbati e tali quali eransi depositati nelle epoche remote sopra quello in cui giaceva lo scheletro.

Gli ingegneri addetti ai lavori richiesero tosto l'assistenza dei rappresentanti della Società locale di ricerche scientifiche e procedettero allo scavo sotto la direzione loro.

Gli avanzi umani, colla matrice in cui giacevano, furono spediti al Museo del Collegio dei Chirurgi per essere sottoposti all'esame del Prof. A. Keith. Era evidente, per la posizione delle ossa, che lo scheletro riposava sulla sua schiena, colla testa ripiegata sul

petto, e colle membra inferiori flesse alle ginocchia, cioè riavvicinate al tronco.

La posizione contratta fece dedurre che il corpo fosse stato seppellito in un periodo molto antico. Peraltro la condizione degli strati sovrastanti, per nulla rotti o guasti, fece escludere pure un seppellimento fatto dall'attuale superficie del terreno.

Una scoperta successiva gettò un po' di luce sul periodo probabile in cui il seppellimento avrebbe avuto luogo. La superficie di connessione tra lo strato in cui giaceva lo scheletro — cioè il quinto — e quello sovrastante, cioè il quarto, rappresentava chiaramente un'antica superficie di terreno, perchè a questo livello, sebbene a qualche distanza dai resti umani, furono trovate traccie di antichi focolari — legno carbonizzato, ed ossa, selci spezzate dal fuoco, ed anche un certo numero di selci lavorate. E' possibile che le spoglie di quell'uomo fossero tumulate dagli uomini che si assisero attorno a quei focolari, sul suolo del terreno antico. Le selci lavorate, esaminate da autorità competenti furono attribuite a quella classe indeterminata, che si trova tanto negli ultimi tempi Paleolitici, quanto nei tempi primitivi Neolitici.

Anche le ossa di animali potrebbero appartenere tanto all'una quanto all'altra età.

Mr. A. S. Kennard ha espressa l'opinione che l'argilla da mattoni, in cui fu trovato lo scheletro, appartenga alle ultime formazioni del Pleistocene; poichè dall'altro lato della valle Medway furono nel corrispondente strato rinvenute delle ossa d'animali dell'ultimo Pleistocene.

Il tipo dell'alveo di fiume.

Le reliquie di Tilbury, che furono rinvenute quando furono scavati i Docks (magazzini generali) nel 1883, ad una profondità di 34 piedi (m. 10), sono abitualmente ritenute come le sole reliquie che rappresentino

il tipo inglese dell'epoca di transizione tra il Paleolitico ed il Neolitico. Le argille figuline di Halling, sono considerevolmente più antiche delle formazioni di Tilbury.

Tuttavia il Prof. A. Keith ha trovato che vi è una stretta rassomiglianza tra gli uomini di Halling e quelli di Tilbury (1).

Erano entrambi i tipi fortemente costituiti, ma bassi, della statura media di 5 piedi e 4 pollici (m. 1,63). Erano entrambi i tipi dei rappresentanti di quello, che Huxley considerava come predominante ai tempi Neolitici, ed a cui egli aveva dato il nome di « tipo dell'alveo di fiume » — un tipo che è estremamente comune nella popolazione Inglese moderna. È ormai evidente che codesto tipo risale ad epoca molto anteriore, cioè nel periodo Paleolitico.

Il cranio umano che il Rev. E. H. Mullins scoperse 3 anni fa in una grotta del Derbyshire, insieme con resti di animali del più tardo Pleistocene, è altresì del tipo « dell'alveo di fiume ». Così pure lo sono molti altri cranî ricuperati in stratificazioni entro caverne nel Belgio, formate nei più recenti stadî del periodo Pleistocenico.

L'uomo di Halling aveva una capacità cerebrale di 1500 cm. c. — cioè un poco superiore alla media moderna.

Il fronte è ben formato; non vi è traccia di sporgenza sopra orbitale, la quale caratterizza la razza di Neanderthal. Come nel caso del cranio di Tilbury, anche i denti dell'uomo di Halling sono molto logori, e la maggior parte dei molari è stata perduta prematuramente in seguito a sofferenze. Questi malanni tuttavia non erano di quelli che colpiscono i denti delle moderne razze civilizzate — specialmente la carie — ma erano ascessi formati presso le radici, quali risultati di logorìo eccessivo dei denti, producente lo scoprimento delle cavità della polpa.

(1) Confrontisi con quanto dice il Prof. Keith circa la lentezza dell'evoluzione dell'uomo. — *Appendice C*, pag. 426.

Opera preziosa delle Società Scientifiche.

Vi è un altro aspetto della scoperta di Halling, il quale merita di essere menzionato. Essa può essere proclamata quale uno dei primi frutti di un movimento che si è esteso attraverso tutta l'Inghilterra in questi ultimi anni e che ha condotto alla fondazione di società locali per promuovere le ricerche preistoriche. Qualche tempo addietro la Società Scientifica della valle della Medway fu fondata da Mr. F. I. Bennett, F. G. S., Presidente, per educare gli operai impiegati in *tutti* gli scavi intrapresi, in considerazione del valore dei resti preistorici, e per fare i passi per conservare accurati ricordi di tutte le scoperte ed istituire investigazioni sistematiche.

Soltanto coloro, che hanno famigliarità colle condizioni, che hanno prevalso nei primissimi anni, conoscono quanti mai siano i ricordi naturali o preistorici che sono andati distrutti o negletti perchè chi li ha ritrovati oppure osservati era inconsapevole del loro valore scientifico.

Nel caso presente la Società della Medway ha compiuto un servizio molto importante.

Parole d'oro! che abbiamo integralmente riportate perchè esse sono tuttora largamente applicabili per l'Italia.

Noi abbiamo bensì un largo stuolo di Ispettori degli scavi ed antichità, alcuni dei quali, molto dotti e zelanti. Ma oltrechè la loro attività si esplica più specialmente per le memorie artistiche o dei tempi storici, raramente essendo essi versati nelle scienze paleontologica, antropologica, e preistorica, non è da imputarsi a difetto loro l'ignoranza dei terrazzieri i quali manomettono, distruggono o celano quanto rinvengono durante gli scavi ordinari.

Auguriamoci che il movimento propagatosi in Inghilterra (ed anche in Francia) si estenda pure per

tutta Italia; e che possa esplicare la sua efficacia col-l'attenersi al seguente programma: istruzione a tutti i terrazzieri, sorveglianti, imprenditori, e sorveglianza continua in ogni più riposto angolo del paese.

Ordine di sovrapposizione degli strati sulle coste orientali d'Inghilterra.

Boulder Clay, or Post glacial gravels. Argilla con ciottoli morenici, oppure ghiaje post-glaciali.	Post-glaciale	Pleistocene	Quaternario
Mid glacial Sand (containing much chak). Sabbie glaciali contenenti molto calcare.	Glaciale		
Red Crag. Ghiaje silicee fossilifere rosse.	Glaciale		
Coralline Crag. Ghiaje conchilifere biancastre.		Pliocene	Terziario
Ghiaie e sabbie non specificate.		Miocene	
» » » »		Oligocene	
London Clay. Argilla di Londra		Eocene	
Chalk Calcare o creta.		Cretaceo	Secondario

Avvertenza - L'ordine è sempre identico, ma qua e là mancano alcuni strati, come spesso accade per i depositi del Miocene e dell'Oligocene. — La presente tabella serve ad illustrazione dell'*Appendice F.*

Appendice F.

Evidenza di un uomo Pliocenico dimostrata dagli eoliti

Le nostre conoscenze circa l'esistenza dell'uomo in Europa, pervenute a noi da ricordi scritti contemporanei di quello, risalgono a poco meno di 3000 anni addietro: e, rispetto ai popoli d'Oriente (comprendendo pure fra quelli il popolo Egizio) si potrà a mala pena risalire d'un altro migliaio d'anni in più. La cronologia dell'estremo Oriente presenta maggiori difficoltà; tuttavia anche per esso si può ritenere che le memorie scritte di qualsiasi natura non datino, per ogni dove sulla Terra, che da poche migliaia d'anni.

Oltre a questo periodo le nostri cognizioni intorno al genere umano ci sono fornite da vestigia di abitazioni, da arnesi ed armi, da traccie di pitture o di sculture, e dai resti di focolari ed avanzi di animali. Il periodo preistorico comincia appunto quando, cessata ogni memoria scritta, noi dobbiamo ricorrere a quei soli indizi; non vi può essere peraltro una linea ben definita di demarcazione tra il periodo storico e quello preistorico; quel passaggio inoltre deve essere ascritto ad età molto diverse tra di loro, secondo le varie regioni della Terra.

Tant'è che per alcune tribù selvaggie, tuttora esistenti, quel passaggio ancora non ebbe luogo; e talune sono scomparse ed altre ancora scompariranno dalla faccia della Terra senza che quello avvenga.

Risalendo il corso del periodo preistorico si ritrova sempre un'epoca, durante la quale era sconosciuto, fra

quella tal gente, l'uso dei metalli, e si adoperavano pietre di varie sorta, tanto come materia prima per farne delle armi e degli arnesi, quanto per lavorare quella materia greggia, cioè per rompere, per sfaldare o per scheggiare quelle pietre greggie onde ridurle foggiate in varia guisa ad utensili. Codesta è la grande *Età della pietra,* dell'uomo preistorico; età che nell'Europa occidentale giunge all'incirca sino a 2000 anni av. Cr.

Quest'epoca, assai lunga, viene a sua volta suddivisa; e quella parte di essa a noi più prossima, dal modo più raffinato di lavorazione degli arnesi, viene indicata col nome di *età della pietra levigata* per distinguerla dall'altra precedente che era l'*età della pietra rozza.* L'età della pietra levigata può essersi estesa sino a circa 7000 anni av. Cr. nell'Europa. Quel periodo è pure denominato *neolitico.*

Risalendo oltre quello si trova una grande lacuna e quindi si deve riconoscere che dei grandi cambiamenti geologici, i quali hanno probabilmente richiesto molte migliaia d'anni, devono esser avvenuti; soltanto ci è dato di riassumere i loro risultati che si manifestano in variazioni di livello di grandi porzioni della crosta Terrestre; ne rimase assai alterata la disposizione dei mari e delle terre.

Nell'epoca corrispondente, ossia nel periodo *paleolitico,* le armi e gli arnesi rinvenuti sono di pietra rozza.

Si trovano adunque delle selci così lavorate in età contemporanee all'esistenza in Europa del mammouth e del rinoceronte peloso; e più addietro ancora se ne trovano nelle ghiaie alluvionali — che contengono pure le reliquie di un grande elefante primitivo, e dell'ippopotamo — e che furono depositate da antichi corsi d'acqua scomparsi, ma predecessori degli attuali.

I geologi, fondando le supposizioni loro sullo studio delle replicate invasioni glaciali, e delle successive loro ritirate, hanno stimato che le più antiche di quelle ghiaie potrebbero venir attribuite ad un'età di 400.000

anni addietro; senza escludere peraltro che quest'età possa essere ben maggiore, fors'anche il doppio di quella accennata.

In codeste ghiaie si rinvengono degli arnesi di selce — cioè dei pezzi di selce ovali, leggermente affusolati, ed alquanto piatti, lunghi da cm. 7 a 24 all'incirca — foggiati in quel modo mediante martellatura a colpi, ognuno dei quali faceva saltar via una grossa scheggia di selce. Quelli fatti rozzamente, i più primitivi che fossero stati sino ad ora riconosciuti senza contestazione quali lavori dell'uomo, sono detti del tipo « Chelleano », da Chelles (sulla Senna) dove per la prima volta furono studiati.

Ma in varie località si sono ritrovate delle selci rozzamente foggiate, di una data ancora più antica di quelle del tipo Chelleano, e, per molti scienziati, esse portano le traccie evidenti della lavorazione dell'uomo. Quelle furono denominate *eoliti*; però la fiducia nel loro carattere di lavorazione artificiale incontra molta opposizione da parte di un certo numero di dotti. Non era infatti ammesso dalla grande maggioranza che l'esistenza dell'uomo potesse risalire oltre il periodo Quaternario, ossia al di là del Pleistocene, come dai giacimenti, in cui gli eoliti erano rinvenuti, sarebbe stato lecito di supporre.

La scoperta fatta ad Ipswich, in un campo di argilla da mattoni, di un gran numero di eoliti, viene ad apportare nuova luce su questa controversia.

I primi eoliti di Ipswich furono rinvenuti dal signor Reid Moir nell'Ottobre 1909, in un giacimento situato alla base di ciò che è conosciuto come un deposito Pliocenico, cioè nel *Red Crag* (1) di Suffolk. Il signor Reid Moir continuò per tre anni e più le sue ricerche tutto all'ingiro nel distretto, nelle altre cave di quella formazione, e ritrovò parecchi altri esemplari, i quali forniscono ora ampio soggetto a discussione.

Due geologi distintissimi, che furono entrambi pre-

(1) Vedasi tabella a pag. 439.

sidenti della Società Geologica, hanno testimoniato che il giacimento in cui furono trovati i selci del signor Moir è certamente un basamento, che non ebbe mai a subire spostamenti, sul quale poggia il « Red Crag », per modo che essi possono con ragione asserire che quei selci sono stati lavorati dall'uomo anteriore al Crag, ossia dall'uomo del pre-Crag.

Quelli arnesi non sono del tutto simili a quelli previamente conosciuti. Essi non sono piatti, foggiati a mandorla, oppure simili ad avvoltoio (allungati, triangolari od a foggia di foglia) come sono i grandi strumenti paleolitici (Chelleani, Acheuleani o Mousteriani) noti prima d'allora.

Ma questi eoliti sono foggiati come il becco di un'aquila, schiacciato ai lati, e con una carena o cresta che si estende dalla punta anteriore verso l'estremità opposta. La forma loro può essere paragonata allo scafo di un battello colla sua chiglia rivolta all'insù, ed avente sul dinnanzi la sua prora simile ad un becco.

Essi hanno delle lunghezze da dieci a venticinque centimetri e sono stati tutti fabbricati con pochi colpi, ma bene assestati, applicati ad un pezzo bislungo di selce in modo da scheggiar via, a destra ed a manca, dei frammenti grossi, lasciando una carena nella linea mediana, mentre la faccia inferiore è acconciata piatta.

Questi arnesi sono realmente delle teste di martello a becco — probabilmente usate impugnandole colla mano, senza manico — e destinate alla lavorazione delle pelli e ad altri usi. Alcuni di essi sono maggiormente simmetrici e più accuratamente fatti che altri. Con questi, che vennero denominati da Sir E. Ray Lankester « arnesi a becco d'aquila » oppure « tipo rostro-carenato », sono pure stati ritrovati alcuni pochi altri selci grossi e pesantemente scolpiti, di una forma molto curiosa (simile a picchi od ascie) dissimile da ogni altra sin qui conosciuta, ma certamente, e senza il menomo dubbio possibile, foggiati da mano d'uomo.

Questi arnesi a becco d'aquila furono adunque fab-

bricati da una razza d'uomini esistente circa 500.000 anni fa (e fors'anche molto prima) e vivente in terre ben diversamente configurate dalle nostre attuali.

Quando le roccie calcari (1) gradatamente sorsero dalle profondità dell'oceano, in cui esse avevano avuto origine come sedimenti, e formarono la parte sud-est dell'Inghilterra — cioè quel tratto limitato da una linea passante dal Capo Flamborough nel Yorkshire obliquamente ad Exeter, e giungente al di là della Manica sino alla Francia — il loro sollevamento fu arrestato dalla linea approssimativamente identica alla costiera attuale tra Suffolk e Norfolk.

Vi era un ponte di terra attraverso il mare del Nord, dall'Inghilterra alla Norvegia; e quella barriera separava il mare del Nord, più freddo, dall'altra parte più a Sud, a cui fu dato il nome d'Oceano Germanico.

Questo mare più meridionale ebbe in tempi diversi, dopo il sollevamento calcare, delle congiunzioni variabili attraverso all'Europa coll'area del Mediterraneo, e verso ovest colla baia di Biscaglia e coll'Atlantico. Sulle coste orientali inglesi e sui bassi fondi costieri furono depositate dapprima la *London Clay* (Eocene) ossia argilla di Londra, la quale s'innalzò tanto da formare un terreno asciutto.

Vi furono quindi dei successivi innalzamenti e sprofondamenti delle coste connessi coi varî depositi sabbiosi e conchiliferi, dei quali noi troviamo dei residui tanto sulla costiera del Suffolk, quanto nel Belgio e nell'Olanda. Quei depositi furono Miocenici e Pliocenici.

Uno degli ultimi fra di essi sulla costa del Suffolk è stato quello ora distinto dai geologi col nome di « Coralline Crag » (o ghiaje coralline) un deposito pieno di bellissime conchiglie, parecchie delle quali sono di specie attualmente esotiche ed australi, e sono indizi di condizioni climatiche più tepide.

---

(1) Intendasi lo strato inferiore fra quelli segnati nella tabella a pag. 439.

Fu in quell'epoca, sulla terra asciutta (che era la superficie della « London Clay ») bagnata, alle sue coste, dal mare dove andava formandosi la « Coralline Crag », che hanno vissuto gli uomini, i quali hanno fatto gli arnesi dal becco d'aquila. Nel calcare presso alla spiaggia vi è una splendida provvigione di grossi noduli di selce, la quale può aver fornito la materia greggia.

Repentinamente, fors'anche quasi violentemente, fu infine asportata dalle acque la barriera attraversante il mare del Nord tra l'Inghilterra e la Norvegia. Le acque diaccie del mare Artico affluirono nel mare Germanico, ed allora perirono le specie australi che abitavano le belle conchiglie; dei grandi banchi di gusci minutamente tritati furono ammassati dalle correnti fredde sopra le terre basse della costiera del Suffolk. Questo fu il principio di quel periodo di grande raffreddamento, contrassegnato da una serie di estensioni e di ritirate delle grandi distese di ghiacciai nordici, la quale serie di alternative vien complessivamente indicata come il « periodo glaciale ». E questo fu pure il principio del depositarsi del Red Crag nel mare di quei tempi.

Gli arnesi di selce che c'interessano — cioè quelli rostro-carenati fatti da uomini nei tempi, relativamente tiepidi, durante la formazione del « Coralline Crag » — furono realmente portati via dai terreni su cui giacevano (cioè l'argilla londinese) da strati di ghiaccio e vennero ad essere depositati negli strati primitivi di sedimento del Red Crag.

La prova irrefragabile di quel trasporto avvenuto in tal modo, si è che moltissimi dei selci a becco d'aquila sono scalfiti ed intaccati sulle loro superfici liscie con quelle striature trasversali e caratteristiche, che si trovano sopra i selci delle morene di un ghiacciaio. Questi segni non possono essere per verun modo prodotti da altra causa, fuochè dal lavorìo di pietre inserite entro un poderoso strato di ghiaccio, le quali intaccano con lento moto, ma sotto un'immane pressione,

le superfici di altre pietre inserte in un altro strato di ghiaccio sottostante, sul qual strato inferiore il primo procede innanzi lentamente (1).

Il Red Crag indica l'inizio del Pleistocene e, con questo, delle condizioni d'agghiacciamento dell'Europa settentrionale.

Restano tuttavia da risolvere alcuni problemi minori, ma essi pure di non lieve momento.

Ad ogni modo gli arnesi di selce del Sig. Reid Moir sono anteriori al Red Crag; essi furono fabbricati prima che avvenissero i periodi glaciali e sono affatto differenti da quelli che sono rinvenuti nelle ghiaie delle rive dei fiumi.

Questa scoperta è adunque stata di quelle che hanno destato il massimo interesse fra quanti si occupano di cose preistoriche.

All'epoca, pur recentissima, in cui il testo inglese dello *Sviluppo di un pianeta* fu composto, la scoperta di Ipswich non poteva ancora essere nota nei suoi particolari; epperciò ci siamo creduti in dovere di riferirla qui alquanto diffusamente.

La scoperta del Sig. Reid Moir ebbe un altro effetto indiretto: essa richiamò l'attenzione sui tanto discussi eoliti precedenti, e ne accrebbe l'autorità, specialmente di quelli trovati dal Sig. Benjamin Harrison, ad Ightam, nel Kent, i quali erano stati accolti, ai giorni loro, cotanto ostilmente.

Gli eoliti del Kent, ed altri consimili, non appaiono così indubbiamente prodotti di lavorazione dell'uomo, quanto evidentemente lo sono quelli del Red Crag di Ipswich

---

(1) La frattura concoidale e quasi untuosa della selce piromaca presenta naturalmente delle superfici liscie e quasi pellucide, su cui i segni di graffiature restano immancabilmente registrati. Aggiungeremo che in uno dei selci lavorato abbiamo veduto un balano, appiccicatosi ad esso durante il soggiorno del selce nel mare, e colà cresciuto e rimasto; testimonio della lentezza della sedimentazione.

Ma se noi riflettiamo alla grande abilità e sicurezza di mano di già palesata dagli artefici che hanno scolpiti gli arnesi di Ipswich (sebbene essi ci appajano rozzi in confronto di quelli del periodo neolitico), noi dobbiamo pur riconoscere che una lunghissima preparazione, che può produrre la sola esperienza accumulata da parecchie centinaia di generazioni, doveva esser stata necessaria perchè l'uomo diventasse capace di dare delle forme così nettamente determinate, come quelle dei becchi degli uccelli di rapina, e quasi costanti, perchè riconosciute più atte agli scopi loro, agli utensili di selce. Era pure evidente che all'inizio di una tale scuola multi-millenaria i selci lavorati dovessero riuscire ancora tanto rozzi da non poter essere quasi distinti da quelli greggi. Questo spiega perchè molti scienziati non ravvisano in quegli informi eoliti l'impronta del lavoro dell'uomo ancora più primitivo.

Uno scheletro umano è stato di poi trovato ad Ipswich; ma taluno lo ritiene di un'epoca molto più recente di quella degli arnesi di selce; sebbene anche quello scheletro sia antichissimo e tale da destar sorpresa per l'elevatezza e la modernità del tipo in epoca così remota. Esso fu denominato: *Pre-Boulder Clay man,* cioè: uomo anteriore allo strato post-glaciale (vedi tabella).

Non mi risulta che al di sotto del Red Crag siano state rinvenute delle ossa umane; ed è quindi impossibile dire quale fosse l'uomo che ha lavorato quelle caratteristiche selci rostro-carenate. Ma dal carattere massiccio degli arnesi suoi si può dedurre che quello fosse pure d'una struttura massiccia e poderosamente muscolosa. Ad ogni modo l'esistenza dell'uomo Pliocenico non può più ulteriormente essere posta in dubbio da chiunque sappia apprezzare a loro giusto valore le testimonianze naturali.

(La presente Appendice è stata in gran parte compilata sovra articoli di Sir E. Ray Lankester).

APPENDICE G.

I primi saggi di figure modellate coll'argilla

Sebbene lo studio dell'evoluzione ci abbia insegnato come riesca inutile il tentativo delle classificazioni nettamente precise, ed il voler stabilire delle linee di demarcazione dietro criterî artificiali, uno dei quali sarebbe, per la distinzione dell'uomo da altri animali, l'uso della parola, tuttavia mi sia lecito esprimere l'opinione che, se mai, una caratteristica peculiare del genere umano ha da essere ricercata nell'esercizio delle facoltà artistiche, che io ritengo siano al solo uomo riservate.

Conviene attribuire peraltro il suo giusto valore all'espressione di facoltà artistiche; non essendo possibile di considerare, neppure come un tentativo d'approssimazione a quelle facoltà, nè il *mimetismo*, nè quella tendenza all'abbellimento che si manifesta in tutta la natura per favorire la riproduzione o la conservazione della specie, nonchè la selezione e conseguente evoluzione di quella.

Noi diciamo artistica la facoltà di riprodurre in altri un'impressione emozionale dapprima risentita da un individuo. Questa trasmissione di emozione può avere luogo anche tra persone che non si conoscono e che non si conosceranno mai, anche a parecchie leghe od a parecchi secoli di distanza, per il solo tramite dell'opera d'arte. Essa quindi non corrisponde necessariamente ad alcuna di quelle finalità naturali sopra accennate; poichè l'opera d'arte la più elevata e la più pura trae le origini sue dalla soddisfazione di una tendenza

personale, e ridonda a vantaggio di tutto il genere umano indistintamente.

La sua è dunque una finalità etica del grado più sublime e colloca l'artista di genio di gran lunga al di sopra del comune livello e pone l'uomo in condizione nettamente distinta da ogni altro animale. Poichè potremo pur vedere degli animali calcolatori od altri parlanti, ma dobbiamo ritenere impossibile ad essi il concepire e l'eseguire un'opera d'arte.

Quando adunque l'evoluzione ha portato l'uomo a questo eccelso grado, essa appare aver apposto come la firma all'opera sua di così lunga durata e di sì grande elaborazione.

Queste ragioni ci inducono a riportare qui alcuni cenni recentissimi sovra una scoperta che interessa la storia dell'umanità ancor più che quella dell'arte; poichè ci indica l'inizio di quell'arte plastica figurativa che i Greci e gli Italiani portarono poscia a tanta perfezione.

Si è nella caverna del Tuc d'Audoubert, situata nel comune di Montesquieu Avantès (Ariège) che il Conte Begouen ha scoperto dei bisonti modellati in argilla.

Le figure si trovano all'estremità di una galleria naturale, o corridoio, alquanto elevato, a 700 metri almeno dall'ingresso della caverna. Quest'ingresso è difeso da una sorta di canale che è formato da un nuovo scaturire del Volp. E' necessario entrare in barca sotto terra per una lunghezza di circa 60 metri prima di trovare delle gallerie tutte cosparse di chiazze d'acqua, e dove, si può a mala pena passare a piedi asciutti quando son basse le acque.

La grotta è a tre piani. Il primo a livello dell'acqua; si giunge da quello al secondo dando la scalata ad una rupe di circa due metri d'altezza; al terzo piano si perviene arrampicandosi per entro un camino, a picco, di 12 m. e 50 cm. di altezza.

Al termine di un corridoio, alquanto accidentato, dalle pareti ornate di alcune incisioni, si trova una sala bassa, nella quale la parete di fondo è ostruita da

pilastri di stalattiti e stalagmiti. Dopo aver rotte tre colonne, in modo da praticare un'apertura di 28 centimetri d'altezza su 65 di larghezza, il Signor Begouen coi suoi figli è penetrato carponi in un secondo corridoio dove l'argilla del suolo ha conservate le impronte di talloni umani, di artigli e di peli d'orso, e che conduce alla sala dei bisonti.

Le due statue giacciono appoggiate ad un masso di pietra caduto dalla volta in mezzo alla sala.

L'animale che si trova innanzi è una femmina: esso misura 61 centim. di lunghezza e 29 cent. dal ventre alla sommità della gobba: il maschio ha rispettivamente 63 e 31 centimetri.

Il solo lato destro è terminato; quello che poggia contro la roccia non è stato lavorato. Quantunque la sala sia abbastanza umida perchè la terra abbia conservata tutta la sua plasticità, tuttavia l'argilla disseccandosi ha prodotto numerose fessure, che in certi punti attraversano tutto il corpo degli animali, ma senza danneggiarli, poichè essi sono appoggiati di fianco. Il masso però non era abbastanza lungo per sostenere il secondo bisonte; e la parte posteriore di questo fu puntellata con pietre riportate appositamente in prosecuzione del masso.

La superficie del corpo è liscia, e vi si vede perfettamente le traccie della mano che l'ha lisciata... L'occhio è segnato nella femmina con una specie di pallottola con un incavo nel mezzo. Questo modo di segnare la pupilla e lo sguardo conferisce una fisionomia ed infonde una sorta di vita a quella testa, mentre quella del maschio ha l'aria atona e senza vita, col suo occhio tondo tondo. La barba, che giunge sin sotto al ventre, è stata indicata con delle striature fatte con una sottile stecca di legno o di osso, mentre, per rappresentare la criniera più lanosa l'artista si è accontentato del suo pollice, di cui è ben discernibile l'impronta.

Sul suolo vedonsi uno schizzo e due abbozzi di

bisonti appena sommariamente tracciati sull'argilla; ma nei quali la modellatura della testa è iniziata.

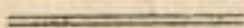
Quello schizzo sembra indicare che gli artisti, dopo di aver disegnato sul suolo il contorno dell'animale, togliessero della terra tutto all'ingiro, poi sollevassero la focaccia così preparata prima di terminarla sul posto (utilizzando, senza dubbio, dei rotoli di terra plasmata, come taluni che furono trovati poco lungi dai bisonti).

Il lato non terminato delle figure, di uno spessore vario, presenta appunto l'aspetto di strati d'argilla strappati dal suolo. Inoltre sono state osservate nel terreno delle cavità arrotondate, nelle quali gli orli portano ancora l'impronta delle dita, e che potrebbero essere formate nel modo anzidetto.

(Dall'*Illustration* - Febbraio 1913).

Sono queste le più antiche vestigia sinora ritrovate dell'arte del modellare con argilla. Non importa l'epoca loro; probabilmente esse sono del periodo Neolitico o dell'ultimo Paleolitico. Ma esse segnano per l'uomo il conseguimento del suo sviluppo il più elevato.

Per quest'aspetto il presente cenno chiude degnamente questo libro.



INDICE ALFABETICO



Nebulosa a spirale con doppie braccia.
(*M. 101 Ursae Majoris*)



Nebulosa a spirale con massa staccata.
(*M. 51 Canum venaticorum*)
(*Da Nebulose e Gruppi di J. E. Keiller*)